

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

BEST AVAILABLE COPY



EP/04/9051

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 36 975.9

Anmeldetag: 12. August 2003

Anmelder/Inhaber: Professor Heinz V. W e n z , 60325 Frankfurt/DE

Bezeichnung: Feldkraftmaschine

IPC: H 02 N 11/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Kahle



Patentanmeldung

Feldkraftmaschine (FKM)

Erst hinterlegung
- Priorität gesichert -

Erfinder: Heinz V. Wenz
Frankfurt am Main, 26.07.2003
Alle Rechte vorbehalten

- I. Feldkraft-Generator (FKG)**
- II. Feldkraft-Motor (FKE)**
- III. FK-Typen + Wandler**
- IV. Magneto-elektrische Maschine**
- V. Experimentum Crucis**

Vorwort

1. Globales Energie-Problem

Durch zunehmende Naturkatastrophen (Fluten, El Niño, Ozonloch etc.) steht der durch den Menschen verursachte Treibhauseffekt (CO_2) mit Erwärmung und Verschmutzung der Erdatmosphäre im Mittelpunkt der Diskussion. Hinzu kommt der Kohlenwasserstoffkreislauf, der durch die Einführung von Wasserstoff/Brennstoffzelle nicht beseitigt wird (Herstellung in großen Mengen und Infrastruktur zur Verteilung).

Desweiteren wird der Energieverbrauch erheblich steigen (Prognose von Shell: in 25 Jahren müssen andere Energieformen soviel abwerfen wie Öl heute und 2060 wird dreifacher Energiebedarf von heute entstehen, Öl kann dann nur noch 10% abdecken) und die Erdölreserven werden bald zu Ende gehen.

Die Lösung mit Nachhaltigkeit ist eine ökologisch verträgliche und ökonomisch durchschlagende fundamental neue Energie-"Quelle": Die Feldkraftmaschine.

2. Ökologie, Ökonomie und Unabhängigkeit

Die Feldkraftmaschine als fundamental neue Energie-"Quelle" erlaubt eine neue Energie-/Klimapolitik: Weg von Benzin/Diesel, Öl, Gas, Kohle, (fossile Brennstoffe); Kernkraft, Wasserstoff, Brennstoffzelle, Solar/Photovoltaik / Windenergie / Wasserkraft / Bioenergie / Geothermie, da die Feldkraftmaschine die Energie permanent und stationär/dezentral oder mobil zur Verfügung stellt.

Dies hat zur Folge, dass kein CO_2 erzeugt wird, dass wir keinen Kohlenwasserstoffkreislauf und keine Infrastruktur für das Nachtanken / Nachladen, inclusive Verteilung der Primärenergie durch Tankstellen / des Stromes durch Hochspannungsleitungen, mehr benötigen.

3. Permanente Energie-"Quelle"

Feldkraftmaschine (FKM) ermöglicht eine Leistungsauskopplung durch die Nutzung magnetischer Stoßwellen. Feldkraft-Generator (FKG = Energie-Konverter) und Feldkraft- Motor (FKE = Stoßwellen E-Motor): Leistung wird durch Nutzung eines permanenten magnetostatischen "Dipol"-Energiefeldes eines Permanentmagneten oder Supraleiter-Magneten (PM / SM = Energie-"Quelle"), statt durch Verbrauch von Materie generiert.

Zum Begriff der Quelle/Senke

Der Begriff Quelle/Senke wird nur verwendet, wenn die Energieform umgewandelt wird, z.B. von magnetischer in mechanische Energie. Insofern ist der FKG eine Energiequelle.

Im Kapitel Wirkprinzip Magnete, wird auf die Quelleigenschaft des Elektrons und des magnetischen Feldes sowie magnetische Monopole eingegangen, da das magnetische Feld in unserem Modell ein Potentialfeld ist: Der Magnet hat potentielle Energie.

Supraleiter-Magnet, Permanent-Magnet

Der Ringstrom wird beim PM und SM als makroskopisches Quantensystem durch eine Wellenfunktion beschrieben. Die Flußquantisierung bezieht sich nur darauf, daß der magnetische Fluß Φ zeitlich konstant ist und ein ganzzahliges Vielfaches des Flußquants Φ_0 beträgt.

Raumenergie

Es wird die permanente magnetische Feldenergie, als Raumenergie zwischen den Spinnmomenten bzw. Ringströmen, in kinetische Energie gewandelt. Deshalb ist der FKG ein Energie-Konverter. Woher die Energie kommt - der "Tank" sollte ja irgendwann leer sein, wird im Kapitel Einleitung, Prinzip Feldkraftmaschine (magnetischer Kondensator) sowie in Erhaltungssätze und Feldkraftmaschine, besprochen.

Energie-"Quelle": Magnetische Energie mit Umwandlung in mechanische Energieform

Die Feldkraftmaschine FKG wandelt eine magnetostatisch- / elektrostatisch-permanente Feldkraft entlang der magnetischen Kraftlinien (Ursache bei Permanentmagneten PM: potentielle Feld-Energie der Spinnmomente der unaufgefüllten *inneren* Elektronenschalen (\rightarrow Bohrsche Magnetonenzahl), sowie der Spinkopplung mit der Folge spontaner Magnetisierung im kristallinen/amorphen Festkörper (\rightarrow Weissche Bezirke / Domänen = permanente Polarisation/Magnetisierung)) durch Feldquanten eines Austauschfeldes zwischen zwei antiparallel orientierten, *abstoßenden* Permanentmagneten (PM / SM) und einem *anziehenden* dynamisch geregelten Feldmodulator FM, in eine oszillierende Kraft und dann in ein dynamisches Drehmoment um. Man beachte: nicht weichmagnetisches Material wird durch einen Magneten angezogen, sondern umgekehrt: weichmagnetisches Material zieht den Magneten an (es sind zwar relative Größen, aber die anziehende Kraft wirkt *vermittelnd* auf die dadurch "gebundenen" PM / SM. Diese Kraft oder das Drehmoment kann als Antrieb oder zur Generierung von elektrischem Strom durch ein Wanderfeld- oder Drehstrom-Generator genutzt werden.

Fast kraftloses Schalten des magnetischen Flusses zwischen den antiparallel abstoßenden PM / SM durch ein Feldmodulator (FM): Das Prinzip des FKG ist genauso einfach wie das Dynamo-Prinzip mit Drehung der Spule im Magnetfeld: Der FM wirkt entweder kinematisch, oder als alternative Variante stationär, und in beiden Fällen als Feld-Verschluß mit den Zuständen: transparent = "AUF", intransparent = "ZU". Der FM schaltet zwischen Fluß leitend (magn. Leitfähigkeit $\mu_0\mu_r$) und Fluß nicht leitend (z.B. Luft).

Beispiel:

Beim Kernreaktor wird der Neutronenfluß der radioaktiven Brennelemente durch Steuerstäbe geregelt - beim FKG wird durch den dynamisch geregelten Feldmodulator (dynamische Regelung wegen Wirbelstrom-, Spinrelaxation- (Dämpfung des Elektronenspins) Felddiffusion) das Energiefeld der

ferro-/ferrimagnetischen oder ferro-/ferrielektrischen Feldträger (PM/PE) zwischen Gleichgewichts- und Nicht-Gleichgewichts-Zustand geregelt.

Die magnetische Polarisation eines Permanent-Magneten (PM) oder die elektrische Bezirks-Polarisation eines Permanent-Elektreten (PE) entsprechen sinngemäß einer Feldenergie-"Quelle", die durch den Feldmodulator in ihrer Feld-Wirkung (nicht in der Eigenschaft als "Quelle") im Takt an - oder abgeschaltet wird: Es wird nur das Austauschfeld geschaltet (d.h. die Kopplungen zwischen den Spinmomenten oder der Ringströme der PM) und nicht die Elektronen-Spinmomente selbst, d.h. das Elektron bzw. der Ringstrom selbst wird nicht als Quelle benutzt, sonst wäre der "Tank" ja irgendwann leer. PM / PE und SM sind Träger potentieller und nicht kinetischer Energie.

Potentielle Energie vs. kinetische Energie der Permanentmagnete:

Magnete besitzen potentielle Energie als Zustand (sie befinden sich in einem makroskopischen Quanten-Grundzustand mit $E=0$); hätten Sie kinetische Energie, so müssten sie als offenes System energetisch leer werden, wären also eine reine Energiequelle; der FKG ist eine Energiequelle, weil die *Energieform* von magnetischer in mechanische Energie gewandelt wird.

Status der klassischen Physik:

Die elektrische Ladung ist eine diskrete, quantifizierte Eigenschaft der Materie - die negative Elementarladung, das Elektron mit magnetischem Spinmoment, ist eine Naturkonstante.

Für die Ladung, also auch für Spinmomente, gilt der Erhaltungssatz: In einem abgeschlossenen System bleibt die Nettoladung (Menge aller positiven abzüglich aller negativen Ladungen) erhalten. In einem abgeschlossenen System können die Spinmomente der Elektronen also weder entstehen noch verschwinden - somit ist die Polarisation / spontane Magnetisierung der Domänen ebenso eine makroskopische Erhaltungsgröße.

→ Korrektur der Erhaltungssätze wegen des Tunneleffekts der Quantenphysik: Wegen des Tunneleffektes ist die Systemgrenze der klassischen Erhaltungssätze auch für Teilchen (= Wellenfunktionen nach Wahrscheinlichkeits-Reflexion an den Wänden) mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit offen; für Feldquanten haben die Erhaltungssätze bereits offene Systemgrenzen, für sie gelten die abgeschlossenen Systeme nicht.

Die FKM ist eine nicht-klassische Maschine und wirkt in einem offenen System (ohne den Ersten und Zweiten Hauptsatz logisch *geschlossener* Systeme der Thermodynamik zu verletzen). Im System der FKM sind die durch den Tunneleffekt modifizierten Grenzen für Quanten und *Teilchen* mit Wahrscheinlichkeit offen, d.h. nur "quasi-geschlossene" Systeme. Der FKG ist außerdem primär keine thermodynamische (Erzeugung von Wärme für Kraft p im p, V -Diagramm), sondern eine feldquanten-dynamische Maschine in der Flußquanten durch den FM fast kraftlos geschaltet werden.

Der Tunneleffekt wird außerdem benutzt bei:

- a) Ferromagnetische Übergangsmetalle: die 3d-Elektronen sind nicht völlig lokalisiert; sie können sich durch den Tunnelkeffekt im Kristall bewegen (itinerant elektrons) und müssen deshalb, zusammen mit den 4s-Leitunselektronen im Bändermodell betrachtet werden.
- b) In einer Variante des Feldmodulators: der FM wird durch den magnetischen Tunneleffekt geschaltet.

Die durch die antiparallelen Spins der Permanent-Magnete und durch die mit dem Feldmodulator als Feld-Verschluß (Auf/Zu) gesteuerte Austauschwechselwirkung zwischen den PM und FM, kann als erzeugte oszillierende Kraft einer elastischen Feld-Stoßwellen über das p, V-Diagramm im Kreisprozeß verwendet werden. Dabei wird eine nicht lineare Schwingung (Kippschaltfunktion des FM) parametrisch erregt (Pumpfrequenz, parametrischer Verstärker im Takt der Maschine), so daß eine periodische Oszillation der PM im Kreisprozeß entstehen kann. Dies führt zur Auskopplung der potentiellen in kinetische Energie mit nachfolgenden Möglichkeiten:

- a) zur Direkterzeugung von Primärstrom (z.B. Wanderfeld-Drehstrom-Synchron- Generator) und/oder
- b) zur nachfolgenden Feldkraft-Motor (Energieverstärker mit Magneser / Elektreser) mit Generator und/oder Drehmomentwandler für einen Direktantrieb und/oder
- c) über Drehmomentwandler zur Erzeugung von Strom über einen z.B. Drehstrom-Synchron-Generator mit Drehfeld und/oder
- d) über Drehmomentwandler für einen Direktantrieb verwendet werden.

4. Anwendung:

4.1 Scalierung (in Nano-, Mikro-, Makro-, Groß-Technologie)

Alle vorgenannten verschiedenen Betriebsbedingungen lassen sich durch das Verwendungszweck abhängige Bauprinzip in jeder Scalierungsstufe lösen - das Funktionsprinzip der FKM bleibt dabei gleich.

4.2 Verwendungszweck

Auslegung der FKG - je nach Verwendungszweck.

Z. B. wird ein FKG als Gasturbinenersatz auf hohe und konstante Drehzahl und nicht auf wechselndes Drehmoment ausgelegt.

Z.B. bei Verwendung als Antrieb in einem Schiff, oder Generator zur Erzeugung von elektrischem Strom, ist eine konstante Drehzahl mit großem Drehmoment gefordert.

Z.B. bei Verwendung als Direktantrieb für einen Automotor sind ein wechselndes Drehmoment, Elastizität und wechselnde Drehzahl und kurzes Ansprechverhalten (hohe Dynamik) gefordert. Hier bietet sich die zweite Erfindung, der Stoßwellen-Feldkraft-Motor (FKE) als hochdynamischer fundamental neuer E-Motor, an, weil nicht die Tangentialkraft, sondern die Normalkraft umgesetzt wird.

4.3 FKM-Typen

Longitudinal-Maschinen:

- a) Hubkolben-Feldkraftmaschine
- b) Freikolben-Feldkraftmaschine
- c) Orbitalkolben-Feldkraftmaschine

Transversal-Maschinen:

- d) Kreiskolben-Feldkraftmaschine
- e) Drehfeld-Feldkraftmaschine
- f) Wanderfeld-Feldkraftmaschine
- g) etc.

5. Fortschritt / Nutzen

Jede Art von Verbrennungs- / Elektro-Motor / Gas-Turbine / Batterie (bei Autos, Flugzeugen, Eisenbahnen, Schiffen, Bikes, Computern, Herzschrittmachern, Energie-"Quelle" im Eigenheim bzw. Kraftwerke, etc.) kann ersetzt werden, ohne dass in der Lebenszeit des Systems nachgetankt bzw. nachgeladen werden muss, Begründung siehe ff.
Erstanwendungsgebiete wären z.B. Energieerzeugung für Wasserpumpen (Reisfelder, Wüsten) und/oder Heizungen (klimatisch kalte Länder).

Die neue permanente Energie"Quelle" (plus Antrieb) befindet sich umweltschonend und gefahrlos "on board"; sie ist sowohl mobil als auch stationär/dezentral einsetzbar. Eine irgendwie geartete Infrastruktur für Treibstoffe oder Ladestationen (auch Hochspannungsleitungen bei Eisenbahnen) ist wegen der nicht notwendigen Nachlieferung von Energie obsolet. Somit umweltfreundliche Energie-Versorgung ohne Treibhausgas: d.h. kein Treibhauseffekt: Null Kohlendioxid (CO_2) und kein Kohlenwasserstoff-Kreislauf. Bem: Auch Wasserstoff benötigt eine Infrastruktur und muss großtechnisch dauernd hergestellt werden (wenn nicht die Erzeugung on-board möglich ist) - der Kohlenwasserstoff-Kreislauf wird nicht beendet und damit auch nicht der Treibhauseffekt.

6. Paradigmenwechsel

Die Feldkraftmaschine ist einerseits ein Pendant zur Wärmekraftmaschine (beide erzeugen eine Kraft im Kreisprozeß mit p, V-Diagramm, die durch die Kurbelwelle in ein Drehmoment umgeformt werden kann) und andererseits zum Dynamo-Prinzip von Michael Faraday (elektrischer Strom wird erzeugt durch Bewegung eines elektrischen Leiters in einem Magnetfeld), jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, dass im ersten Fall Treibstoff (Benzin/Gas etc.) und im zweiten Fall mechanische Energie (Drehmoment, Kraft) von außen zugeführt werden muss.

Beim FKG werden die Permanentmagnete / PE / SM nur einmal von außen zugeführt/eingebaut - die Systemgrenze befindet sich also vor den Magneten. Jedoch befindet sich das antreibende, Kraft erzeugende permanente Energiefeld (Feldkraft der Magnet-Feldbatterie) im Gesamtsystem der

Maschine (zunächst vergleichbar mit einer eine sehr lange Zeit haltenden elektrischen Ladung einer Batterie oder sehr lang haltende Brennstäbe eines KKW). Im Unterschied zu Kernbrennstäben müssen die Magnete, wegen ihrer besonderen Eigenschaften, nicht mehr ausgetauscht / erneuert werden. Eine irgendwie geartete weitere Energiezufuhr von außen ist also bei Magneten in ihrer praktisch unbegrenzten Lebenszeit nicht notwendig.

Die Feldkraftmaschine als nicht-klassische quantenfeld-dynamische Maschine führt deshalb zu einem Paradigmenwechsel: Vom Primat der Materie (Teilchen = Elektronen-Fluß im Leiter, Kernenergie mit Neutronen-Fluß, fossile Brennstoffe etc.) zum Primat des Energiefeldes (Feldquanten-Fluß = virtuelle Photonen mit Schaltung des Austausch-Feldes). Heute: Verbrauch von Materie (Benzin, Brennelemente etc.). Fundamental neu: aktive Nutzung von Energiefeldern.

Der FKG liefert in der Energiebilanz folgendes Ergebnis:

- 1.) Heutige Generatoren und Motoren nutzen die Tangentialkraft an der Oberfläche. FKG und FKE hingegen nutzen die Normalkraft (senkrecht zur Oberfläche); dadurch entsteht eine erhebliche Kraft-/Drehmomentsteigerung.
- 2.) Der hohe Wirkungsgrad entsteht durch das longitudinal-zu-transversal Kraft-Weg-Verhältnis, d.h. Kraft-Weg der Magnete zu Kraft-Weg des Feldmodulators (= fast kraftlos schaltbar).
- 3.) Der Felddruck p und die daraus entstehende Kraft F entlag des Hubes h (Weg) im Volumen V (p , V -Diagramm), wird durch eine neuartige Kurbelwelle mit einem Hebelarm bei $\varphi = 90^\circ$ KW, statt wie bei der klassischen Kurbelschleife bei $\varphi = 0^\circ$ - 12° KW, eingeleitet - so entsteht ein wesentlich höheres Drehmoment und eine höhere Leistung der Maschine.

Wirkungsgrad der FKG Fluß-Quanten "Supertransistor-Maschine":
Wegen der fast kraftlosen Schaltung des Feldmodulators im Verhältnis zur Kraft der Magnete, ist die Energiebilanz positiv und der Wirkungsgrad $\eta > 1$ - ohne Verstoß gegen den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik.

Noch ein Hinweis: In dieser Schrift sind Zitate mit Literaturhinweis kursiv und in "... " gesetzt. Bei Bildern wurde auf die Quelle hingewiesen.
Die Zitate befinden sich im Glossar.

Heinz V. Wenz
Frankfurt/M, im Juli 2003

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Globales Energie-Problem
2. Ökologie, Ökonomie und Unabhängigkeit
3. Permanente Energiequelle
4. Anwendung
 - 4.1 Scalierung
 - 4.2 Verwendungszweck
 - 4.3 FK-Typen
5. Fortschritt Nutzen
6. Paradigmenwechsel

1. Feldkraftmaschine

I.I Einleitung

1. Allgemeiner Zweck der Erfindung
2. Feldkraftmaschinen Systematik
 - 2.1 Magnetische Felkraft-Generator (FKG)
 - 2.2 ElektrischerFeldkraft-Motor (FKE)
 - 2.3 Magnetisch-elektrische Feldkraftmaschine (FKM)
3. Durch nichtlineare Wellenform erweiterte Eichfeld-Theorie:

I.II Allgemeines Prinzip der Feldkraftmaschine

1. Definitionen
 - 1.1 Namensgebung/Prinzip
 - 1.1.1 Wärme-Kraftmaschine WKM
 - 1.1.2 Elektromotoren/-Generatoren
 - 1.1.3 Feld-Kraftmaschine FKM
 - 1.2 Energieerzeugung
 - 1.2.1 Magnetische Induktion / Kraft
 - 1.2.2 Feldform und Kraft-Weg-Kennlinie
 - 1.2.3 Supraleiter-Prinzip
 - 1.2.4 Reversibler-Irreversibler Kreisprozeß
 - 1.2.5 Wirkungsgrad
 - 1.2.6 Feld-Transistor versus Elektronen-Transistor / Tunneleffekt
 - 1.2.7 Fazit
 - 1.2.8 Termini Feld- bzw. Quanten-Theorie
 - 1.2.9 Basisprinzip FKM
 - 1.2.10 Eichtheorie-Modifikation

I.III Magnetischer Kondensatoren

1. Definition Dimagnetikum / Magnetikum, Dielektrikum / Elektrum
2. Modell:
3. M-Kondensator-Funktion (magnetische Analogie zu +3-78)
4. Feldmodulator-Versuch:
 - 4.1 1. Versuch magnetische Kapazität vergrößern (magn. Analogie zu +3-72)
 - 4.2 2. Gegenversuch magnetische Kapazität verkleinern (= FM-Funktion)
5. Gründe für die Einbringung von magnetisch isolierendem Material (magnetische Analogie zu +3-78)
6. Kraft zwischen zwei Magnetisierungen (magnetische Analogie zu +3-79)
7. Oberflächenmagnetisierungen (Oberflächenladungen) durch Transfer (magnetische Analogie zu +3-769)
8. Oberflächenmagnetisierung durch Polarisation
 - 8.1 1. Magnetischer Isolator im magnetischen Feld (magnetische Analogie zu +3-775)
 - 8.2 2. Magnetische Polarisation, fiktives B-Feld (magnetische Analogie zu +3-776)
9. Magnetische Kondensator-Typen (magnetische Analogie zu +4-280)
10. Bauformen (magnetische Analogie zu +3-81)

I.IV Wirkprinzip FKM-System

1. Wirkprinzip Feldkraftmaschine
 - 1.1 Feldkraftmaschine
 - Grundsatz der Erfindung
 - Wirkprinzip
 - 1.2 Magnet- / Elektret-Feldbatterie
 - 1.3 Feldmodulator
 - 1.3.1 Unterscheidung kinematischer zu stationärer FM
 - 1.3.2 Passiver Feldmodulator
 - 1.3.3 Aktiver Feldmodulator
 - 1.3.4 Flußleitstücke zur Überbrückung des Luftspaltes beim kinematischen FM
 - 1.3.5 PM-Kolben und FM's im Magnetkreis mit Anziehung
 - 1.3.6 Magnet-Feldbatterie
 - 1.3.7 Mechanische Optimierung des Abstoßungsvorgangs
 - 1.3.7.1 Kurbelwellen Vario-Hebelarm (neuen KW-Typ)
 1. Maximaler Hebelarm und Drehmoment/Leistung
 2. Bewegungszeit und kinetische Energie des FM bei neuem KW-Typ
 - 1.3.7.2 Variable Abstoßungskraft ΔF durch Variation mit ΔH
 1. Kraft-/Impulserhöhung
 2. Gleichgewichts-Regelung
 - 1.3.7.3 Freikolben-Prinzip (ohne neuer KW-Typ)
 - 1.4 Transversal-FKM vs. Longitudinal-FKM

I.V Wirkprinzip & Design Magnete / Elektrete

- 1. Design
 - 1.1 Permanent-Magnet PM, Permanent-Elektret PE, Permanent-Supraleiter-Magnet
 - 1.1.1 Prinzip
 - 1.1.2 PM-Design
 - 1.1.3 Werkstoffwahl / Optimierungskriterien
 - 1.1.4 Magnetische Formanisotropie
 - 1.2 Topf-Rückschluß, Topf-Polschuhe
 - 2.0 Koerzitivfeldstärke
 - 2.1 Randbedingungen
 - 2.2 Auslegung
 - 2.3 Fremd-entmagnetisierendes Koerzitivfeld
 - 2.4 Repulsion
 - 2.5 Magnet-Arbeitspunkt
 - 2.6 Betriebs-Temperatur
 - 3.0 Kraft-/ Gewicht-Optimierung PM
 - 3.1 Luftspaltinduktion
 - 3.2 Gesamt Haftkraft
 - 3.3 Rückschluß + Polschuh
 - 3.4 Optimierung
 - 3.4.1 1. Optimierungsschritt
 - 3.4.1.1 Haftmagnet
 - 3.4.1.2 Joch / Feldmodulator-Scheibe
 - 3.4.1.3 Kraft-Weg-Kennlinie
 - 3.4.2 2. Optimierungsschritt
 - 3.4.3 3. Optimierungsschritt
 - 3.4.4 4. Optimierungsschritt
 - 3.4.5 Vergleich longitudinaler mit transversaler Kraft-Weg-Kennlinie
 - 3.5 Ergebnis-Bericht
 - 3.5.1 Grafik
 - 3.5.2 Diagramme und Kurzbeschreibung
 - 3.5.3 Tabelle für jeden Design-Typ
 - 3.5.4 Appendix
 - 4.0 Permanent-Magnet- und Magnetkreis-Design incl. FM

I.VI Wirkprinzip & Design Feldmodulator

- I. Feldmodulator-Prinzipien (M-FM)
 - 1. Allgemeine Prinzipien
 - 2. Kinematischer Feldmodulator (mit / ohne Lamellierung)
 - 2.1 Geometrie des Abschirmgehäuses
 - 2.2 Passiver FM
 - 2.2.1 Weichmagnetischer Stoff:
 - 2.2.2 FM mit Anisotropien:
 - 2.3 Aktiver FM

- 2.4 Lamellierung der FM-Scheibe
 - 2.4.1 Schichtung (Bild 10):
 - 2.4.2 Frequenzabhängigkeit
 - 2.4.2.1 Gleichfelder
 - 2.4.2.2 Wechselfelder
 - 2.4.2.3 Eigenresonanz
 - 2.4.3 Blechdicke:
 - 2.4.4 Oberfläche:
- 3. Stationärer Feldmodulator (mit/ohne Lamellierung)
 - 3.1 Permeabilität-Induktion-FM
 - 3.2 ThermoMag-FM
 - 3.3 Anisotropie-FM
 - 3.4 Weichmagnetischer Induktions-FM
 - 3.5 Hardmagnetischer Induktions-FM
 - 3.6 Induktionsstrom-FM
 - 3.7 Grenzfrequenz-FM
 - 3.8 Spinresonanz-FM
 - 3.9 ParaFerro-/FerriFM
- 4. M-Halbleiter-FM
 - 4.1 FM-Magnetronik vs. Elektronik
 - Grundlagen der magnetischen Halbleiter
 - 4.1.1 Magnetische Feld-Leitfähigkeit von Festkörpern:
 - 4.1.2 Magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern:
 - 4.2 M-PN-Übergang / Grenzbereich im magnetischen Halbleiter
 - 4.3 Diskrete Magnet-Halbleiterbauelemente
 - 4.3.1 M-Typen
 - 4.3.2 M-Dioden
 - 4.3.3 M-Transistoren
 - 4.3.3.1 M-Vertärkung (Strom, Spannung, Leistung) / M-Schaltung des FM-Transistors (Transistoreffekt = Kopplungseffekt)
 - 4.3.3.2 M-Bipolar-Transistor
 - 4.3.3.3 M-Feldeffekt-Transistor
 - 4.3.4 M-Thyristoren
 - 4.4 Ergebnis /Ausblick
 - 5. Tunnel-FM
 - 6. Supraleiter-FM
 - 5. Temperaturkompensation / Gleichgewichtssteuerung
- II. Anti-Wirbelstrom-Prinzip
 - 1. Wirbelströme im FM und Abschirmgehäuse
 - 2. Mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien
 - 3. Mechanische Anti-Wirbelstrom FM-Struktur
 - 4. Abschirmungs-Maximierung
 - 5. Elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien
 - 5.1 Rückblick und Ziel

- 5.2 Elektrische Anti-Wirbelstrom-Konstruktion
 - 5.2.1 Kinematischer FM
 - 5.2.1.1 Elektrische Kernprinzipien
 - 5.2.1.2 Konstruktion des kinematischen FM mit elektrischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip
 - 5.2.2 Stationärer FM
 - 5.2.3 Konstruktion des kinematischen FM mit magnetischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip
 - 5.2.4 Kombinierte Elektrische und magnetische Anti-Lorentz-Kraft-Prinzipien
 - 5.2.5 Zusammenfassung
 - 5.2.5.1 Kräfte bei bewegten Magneten und ruhendem FM
 - 5.2.5.2 Kräfte bei bewegtem FM (bewegter Leiter)
 - 5.2.6 Elektrischer und magnetischer Energie-Feldraum (Raumenergie RE)

III. FM-Schichtenaufbau / Lamellierung

Legierungen

Vergleichstabelle PM-Typen mit weichmagnetischen Stoffen

IV. Feldmodulator-Systematik

- 1. Stoffarten der Feldmodulatoren (FM)
 - 1.1 Ferro-/ferrimagnetische Feld-Feldmodulatoren (B-Feld)
 - 1.2 Ferro-/ferrielektrische Feldmodulatoren (D-Feld)
 - 1.3 Magnetische / elektrische Tunneleffekt-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)
 - 1.4 Magnetische / elektrische Supra-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)
- 2. Funktionsweise des FM
 - 2.1 Offene oder geschlossene Abschirmgehäuse-Geometrie
 - 2.2 Kinematischer FM
 - 2.2.1 Passiver FM
 - 2.2.1.1 Isotropie im Lamellenblech
 - 2.2.1.2 Anisotropie im Lamellenblech:
 - 2.2.1.3 Lamellierung der FM-Scheibe
 - 2.2.2 Aktiver FM
 - I. Aktive FM's, um den FM in seiner grundsätzlichen FM-Primäwirkung zu schalten/verstärken. Werkstoff: Ferrite kaum Wirbelströme
 - II. Aktive FM's, um den FM mit anziehenden Ko-Feldern, zur Unterstützung von anziehenden FM-Kräften, zu verstärken.
 - III. Aktive FM's, um den FM mit Anti-Feldern zur Kompensation von induzierten Kräften zu unterstützen.
- 3. Stationärer Feldmodulator (mit/ohne Lamellierung)
 - 3.1 Permeabilität-Induktion-FM
 - 3.2 ThermoMag-FM
 - 3.3 Anisotropie-FM
 - 3.4 Weichmagnetischer Induktions-FM
 - 3.5 Hardmagnetischer Induktions-FM
 - 3.6 Induktionsstrom-FM
 - 3.7 Grenzfrequenz-FM
 - 3.8 Spinresonanz-FM

- 3.9 ParaFerro-/Ferri-FM
- 3.10 M-Halbleiter-FM
 - 3.10.1 M-Diode:
 - 3.10.2 M-Transistoren
 - 3.10.3 M-Thyristoren
- 3.11 Tunnel-FM
- 3.12 Supraleiter-FM
 - Zusammenfassung aktive FM-Varianten

II. Feldkraft-Motor

- 1. Grundsätze der Erfindung
- 2. Wirkprinzip Magneser / Elektreser
 - 2.1 Definitionen magnetischer Größen einer Spule
 - 2.2 Ferro-/ferrimagnetischer Stoff im Magnetfeld einer Spule
 - 2.3 Magnetischer Verstärkungs- / Pumpeffekt
 - 2.3.1 Spule mit Kern als magnetischer Verstärker
 - 2.3.2 Hochfeldspule mit dotiertem Wirtskern als magnetisch induzierte Emissions-Pumpe: Magneser / Elektreser
 - 2.3.3 Magneserdiode, Elektreserdiode
 - 2.3.4 Induktion durch Impulsmagnetisierung + Pulskompressionstechnik
- 3. Wirkprinzip Feldkraft-Motor
 - 3.1 Zwei-Magneser-Prinzip
 - 3.2 Ein-Magneser und Ein-Induktor-Prinzip
 - 3.3 Leistungsabtrieb

III. FKM- / FKE-Typen

- 1. Longitudinal-/Transversal-Maschinen
 - 1.1 Longitudinal-Maschinen
 - 1.2 Transversal-Maschinen
- 2. Translation-Rotation-Wandler
 - 2.1 Kugelspindel-Wandler
 - 2.2 Zahnrad-Wandler
 - 2.3 Freilaufkupplung-Wandler
 - 2.4 Kurbeltrieb-Wandler
 - 2.4.1 Klassischer Kurbeltrieb
 - 2.4.2 Kurbeltrieb mit Hebelarm bei $\varphi=90^\circ$ KW
 - 2.4.2.1 Lösungsvarianten mit Pleuellängen-Variator:
 - 1. Höhenfunktion MKZ u. ΔVHZ relativ zur KW-Achse
 - 2. Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-HZ-Achse
 - 3. Ausgleichsgetriebe
 - 4. Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest

IV. Magneto-elektrische Maschine

1. Wirkprinzip
 - 1.1 Feldkraft-Generator
 - 1.2 Feldkraft-Motor
2. Feldkraftmaschinen-System

V. Experimentum Crucis

1. Hauptsätze und FKM
 - 1.1 Hauptsätze der Molekül-Thermodynamik
 - 1.1.1 Nullter Hauptsatz
 - 1.1.2 Erster Hauptsatz
 - 1.1.3 Zweiter Hauptsatz
 - 1.1.4 Dritter Hauptsatz
 - 1.2 Energieerzeugung bei Feldkraftmaschine
 - 1.2.1 FM: Transport von PM's durch Flußquanten des FM vermittelt
 - 1.2.2 Schalt-Zustände des FM:
 - 1.2.3 Feldmodulator Grundprinzipien:
 - 1.2.4 FM Feldstoß-Prozeß
 - 1.3 Atom-Thermodynamik
Hauptsätze der Thermo-Quantenelektrodynamik (TQED)
 - 1.3.1 Nullter Hauptsatz der TQED
 - 1.3.2 Erster Hauptsatz der TQED
 - 1.3.2.1 Mit Wahrscheinlichkeit abgeschlossenen Systemgrenze
 - 1.3.2.2 Zu Energiequelle / Energiesenke
Echte Energie-Quelle (Energie-Analogon zu Masse-Analogon 1-105)
 - 1.3.2.3 Umwandlung der Energieform
 - 1.3.2.4 Wahrscheinlich keine weitere Energieaufnahme von außen
Modell für die FKM: Oszillation zwischen $E=0$ und $E=$ positiv.
 - 1.3.2.5 FKG-Energie-Konverter
 - 1.3.2.6 Abgeschlossenes vs. wahrscheinlich-abgeschlossenes System
Wechselwirkung mit dem Vakuum-Quantenfeld ?
 - 1.3.2.7 Quantenstatistik
 - 1.3.2.8 Tunneleffekt
 - 1.3.2.9 Energieausgleich durch Vakuum-Quantenfeld
Modell induzierte virtuelle Emission für virtuelle Photonen
Unabhängige Existenz magnetostatischer und elektrostatischer Felder
(= stationäre Felder)
Instationäre Felder
Spezielle Relativitätstheorie in der Elektrodynamik
Medium aus Ladungs-/Spinmomentträgern
 - 1.3.3 Zweiter Hauptsatz der TQED
 - 1.3.3.1 Oszillierende Zustandsgrößen
 - 1.3.3.2 Arbeit / Energie / Entropie
Entropie
Reversible und irreversible Kreisprozesse
Der irreversible FKM-Kreisprozeß

- Arbeit / Energie / Entropie
- 1.3.4 Dritter Hauptsatz der TQED
- 1.4 Solid-state-Maschine
- 1.5 Hierarchie der Grundzustände des FKG
- 1.6 Physiologisch hierarchische Ordnung
- 1.7 Paradigmenwechsel als Ergebnis
- Aufgabe: Änderung der Eichtheorie
- 2. Experimentum Crucis = Fundamental-Experiment
- 2.1 FKG + FKE
- 2.2 FKM

VI. Glossar

- I. Supraleiter Cooper-Paar-Transport ("gebundene" Leitungselektronen)
- II. Magnetische Strukturen, Magnetisierung, Abschirmung
- III. Luftspaltinduktion
- IV. Leitungselektronen
- V. Tunneleffekt
- VI. Schwingungen und Wellen

Legende

- 1. FKM-Systeme
- FKM Feldkraftmaschine FFE Field Force Engine
Wirkung durch 2 Permanent-Magnete oder 2 Permanent-Elektrete
und durch einen Feldmodulator
- FKG Feldkraft-Generator
- M-FKM Magnetische Feldkraftmaschine (Basis PM)
- E-FKM Elektrische Feldkraftmaschine (Basis PE)
- WKM Wärmekraftmaschine HFE Heat Force Engine
- FM Feldmodulator FM Field Modulator
- PM Permanent-Magnet (magnetisch harter ferro-/ferrimagnetischer Stoff)
- E Permanent-Elektret (elektrisch harter ferro-/ferrielektrischer Stoff)
- PS Permanent-Supraleiter-Magnet
- FB Feldbatterie (multiple Anordnung von Elementar-Magneten / -Elektreten
(Knopfzelle) in x-y-Matrix und z-Kaskade
- M-FB Magneto-Feldbatterie
- E-FB Elektro-Feldbatterie
- FS Flußleitstücke
- FP Flußplatte
- EG Elektro-Generator
- EB Elektro-Batterie
- MB Magneto-Batterie
- FKE Feldkraft-Motor
- M-FKE Magneto Feldkraft-Motor
- E-FKE Elektro Feldkraft-Motor
- FQT Feldquanten-Transistor

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ET	Elektronen-Transistor
SL	Supraleiter
SM	Supraleiter-Magnet

2. FKM-Parameter

I	Strom
F	Kraft
M	Drehmoment
A	Polfläche
B	magnetische Induktion (magnetische Flußdichte)
H	magnetische Feldstärke
J	magnetische Polarisation (Beitrag der Materie zur Flußdichte)
μ_0	Permeabilitätskonstante (magnetische Feldkonstante)
μ_r	Permeabilitätszahl
μ	Permeabilität, von permeare (lat.) = durchwandern
d	Luftspaltlänge
T_c	FM-Dicke
OT	Curie-Temperatur
UT	oberer Totpunkt Kurbelwelle
KW	unterer Totpunkt Kurbelwelle
φ	Kurbelwelle
h	Kurbelwellenwinkel
	Hub

Ausgewählte Literatur

1. Gerthsen Physik, D. Meschede, A21,
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2002
2. R. Boll, Weichmagnetische Werkstoffe, A4,
Berlin; München: Siemens-Aktiengesellschaft [Abt. Verl.], 1990
3. Bergmann Schaefer, Band 2, Elektromagnetismus, W. Raith, A8,
Berlin; New York: de Gruyter, 1999
4. E. Hering, R. Martin, M. Strohrer, Physik für Ingenieure, A8,
Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris;
Tokyo: Spinger, 2002
5. D. Spickermann, Werkstoffe der Elektrotechnik und Elektronik,
Weil der Stadt: J. Schlembach, 2002
6. Fachkunde Elektrotechnik, Europa Lehrmittel, A23,
42781 Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel, 2002
7. Tabellenbuch Elektrotechnik, Europa Lehrmittel, A18,
42781 Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel, 2001
8. Brechmann, ... , Elektrotechnik-Tabellen, Westermann-Verlag
9. Stöcker, Taschenbuch der Physik
10. dtv-Atlas Physik, Band 1
11. Bosch, Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, A24
Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, April 2002

I.I. Einleitung

1. **Allgemeiner Zweck der Erfindung:**
FKM = fundamental neue Energie-"Quelle" & Antriebssystem:
Kein Nachtanken und kein Nachladen der Energie in der Lebenszeit der FKM-FKG. Keine Infrastruktur zur Energieverteilung.
Null Treibhauseffekt und null Elektrosmog.
Feldkraftmaschine vs. Wärmekraftmaschine / Elektromotor/ -generator:
Ein Paradigmenwechsel ohne Verstoß gegen den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik: FKM, die nicht-klassische feldquanten-dynamisch verallgemeinerte "Supertransistor-Maschine" [trans(fer) (res)istor] - eine Kombination aus Supraleiter-Prinzip und aktivem Transistor-Prinzip (als Schalter / Verstärker von magnetostatischen oder elektrostatischen Spannungen, Strömen, Leistungen).

Die Feldkraftmaschine als Feldkraft-Generator (FKG) funktioniert phänomentologisch wie ein Supraleiter, allerdings mit magnetostatischem oder elektrostatischem Feld - es oszillieren Permanentmagnete (Ringstrommoment = makroskopisches Spinmoment in antiparalleler Stellung) oder Permanentelektrete oder Supraleitermagnete, und die sich abstoßenden Spinmomente bzw. Momente der Ringströme werden durch den Feldmodulator mit anziehend vermittelnden virtuellen Photonen fast kraftlos gesteuert (FM wirkt wie ein magnetischer Transistor = M-Transistor).

In makroskopischen Systemen z.B. im Supraleiter (makroskopischer Oberflächeneffekt) ergibt sich eine Energielücke ($E=0$): elektrischer Widerstand und Thermokraft sind null (sonst wäre es keine Energielücke).

2. **Feldkraftmaschinen-Systematik**
Die Feldkraftmaschine FKM gliedert sich in zwei Systemstufen und Wirkprinzipien: **Feldkraft-Impuls-Generator FKG** in ferro- / ferrimagnetischem (PM) oder ferro- / ferrielektrischem (PE) oder Supraleitermagnet-Wirkprinzip und **Feldkraft-Impuls-Motor (FKE)** als Solenoid-Magnetfeld verstärktes/gepumptes System (mit ferro- / ferrimagnetischem Kern), oder mit Platten-Elektrofeld verstärktes/gepumptes System (mit ferro- / ferrielektrischem Kern); der Kern verstärkt das Feld erheblich.

Das FKG(PM)+FKE-Gesamtsystem ist eine magneto-elektrische und keine elektro-magnetische Maschine, da die Basis der FKG das Spinmoment bzw. Ringstrom mit makroskopischem magnetischem Moment ist. Beim ferrolektrischen System sind das auch Momente, sie resultieren jedoch nicht vom Spin oder Ringstrom.

Beide Maschine-Typen können in ferro- / ferrimagnetischer Bauart mit Permanent-Magneten (PM) und/oder in ferro- / ferrielektrischer Bauart mit

Permanent-Elektreten (PE) gebaut werden. Alle Begriffe und Wirkprinzipien, sowie Funktionsweisen aus den Ferro- / Ferrimagnetika, sind phänomenologisch auf Ferro- / Ferrielektrika übertragbar. Auch kann die FKM / FKG in Supraleiter-Technologie (erheblich größere Feldkräfte möglich) realisiert werden.

Der Permanent-Magnet als ferro- / ferrimagnetischer Stoff ist durch die magnetische Spinkopplung der Elektronen der *inneren* unaufgefüllten Elektronenschalen der Atome incl. makroskopische Domänenstruktur über Austauschwechselwirkung polarisiert, er besitzt eine Hysterese. Er besitzt einen stationären Oberflächen-Ringstrom, der das magnetische Feld mit einem Moment als Zustand erzeugt.

Ein Permanent-Elektret als ferro- / ferrielektrischer Stoff (polarer Stoff/Kristall mit Bezirkspolarisation (Domänen) = Sonderfall der Orientierungspolarisation) ist durch eine makroskopische Bezirkspolarisation, ausgehend von Ionenverschiebungen im Kristallgitter (mit Polarisationsladungsdichte an der Stirnfläche) aufgebaut (vgl. BaTiO_3); er besitzt eine Hysterese. (Unsere Definition von Elektret (Pendant zu Magnet) bezieht sich auf Ferro- / Ferrielektrika und ist abweichend zur Definition in der Literatur [3-788] beschrieben.)

Der Supraleitermagnet besitzt einen stationären supraleitenden Oberflächen-Ringstrom, der das magnetische Feld mit einem Moment als Zustand erzeugt.

2.1 Magnetischer Feldkraft-Generator (FKG-Impulskonverter)

Der Feldkraft-Generator als Energie-"Quelle" (Magnet PM oder Elektret PE) erzeugt im Falle des PM aus magnetischer Feldenergie permanenter ferromagnetischer Feldern mit Hilfe eines Feldmodulators mechanische Energie. Der FM ist eine dünne magnetisch schaltbar Schicht mit Kippschalter-Funktion zwischen den Zuständen leitende- oder sperrend / isolierend und ggf. mit Verstärkungswirkung als *aktiver* FM für Magnetfelder oder Elektretfelder.

FM-Prinzipien:

Kinematischer Feldschalter, ggf. mit aktivem Hilfsfeld

- a) ohne Zusatzmaßnahmen, da FM mit hohem spez. el. Widerstand
- a) Magn. Hilfsfeld (Anziehung) zur Reduktion der Schichtdicke s und/oder
- b) als Anti-Wirbelstrom Maßnahme, falls kein Ferrit sondern elektrisch leitende Metalle verwendet werden und der Effekt größer ist.

Stationär-aktiver Feldschalter ggf. mit aktivem Hilfsfeld

- a) leitend/nicht leitend (verschieden Varianten siehe ff.) oder
- b) M-Feld-Tunneleffekt oder
- c) M-Feld-Transistoreffekt

Zum Schalten, d.h. Sperren/Öffen des Magnetfeld-Flusses, wird beim FM sehr wenig Energie benötigt - wegen des Kippeffektes und der fast kraftlosen Schaltung/Bewegung des FM im *Symmetriezustand* der PM.

FM-Analogon:

a) Massetransport

Der Schieber (Sperrschicht) einer 2m Ø Wasserleitung benötigt wenig Energie, um den Massestrom beim Schließvorgang abzubremsen (hoch nichtlineare Druck-Stoß-Welle (Solitonen) durch reflektierende Schallwellen beachten) / in Bewegung zu versetzen. Aus der kinetischen Energie der Abbremsung / Beschleunigung wird - bei phänomenologischer Übertragung auf den FM - ein kleiner Energieanteil für die Bewegung des Schiebers genutzt und abgezogen.

b) Transistor-Elektronenstrom (Elektronen und Löcher)

Die Sperrschicht (Basis) eines Transistors schaltet (sperrt/öffnet) oder verstärkt mit einem kleinen Strom an der Basis den Strom (Elektronenfluß) / die Spannung / Leistung.

Der Transistor ist ein aktives Bauelement - steuerbar durch die Basis.

Bei der vorliegenden Erfindung wird eine neue magnetisch wirkende M-Diode, ein magnetisch wirkender M-Transistor und M-Thyristor als FM eingeführt.

Zweck: Schaltung / Verstärkung von Magnetfeldern, gleiches gilt für für Elektretfelder.

FKM-FKG-Analogon:

Supraleiter: Cooper-Paar-Transport ("gebundene" Leitungselektronen)

Zitat (3-537):

"Supraleiter BCS-Theorie: Die Theorie baut auf der Beobachtung auf, daß die Schwingungen des Kristallgitters, denen man formal Energiequanten, genannt Phononen, zuordnen kann, einen starken Einfluß auf die Sprungtemperatur haben. ... Das deutet auf den Einfluß schwingender Einfluß schwingender Massen hin und schließt elektrische oder magnetische Wechselwirkung aus. Die Theorie hat gezeigt, daß die quantenhaften Gitterschwingungen, also die Phononen, eine anziehende Wechselwirkung zwischen den Leitungselektronen vermitteln, die entgegengesetzte Spins und Impulse haben, aber nicht örtlich eng beieinander sein müssen (mittlere Abstände bei 0,1-1µm).

Elektronen, die durch die Wechselwirkung mit den Phononen zu sogenannten Cooper-Paaren "gebunden" sind, gehorchen der Bose-Einstein-Statistik, für die das Pauli-Prinzip nicht gilt, so daß eine unbegrenzte Zahl solcher Paare in den Grundzustand ($E=0$) gelangen und trotzdem am Ladungstransport teilnehmen kann. Im Grundzustand transportieren die Elektronen keine Entropie; sie interferieren nicht mit den Phononen oder Kristalldefekten. Daher sind bei Supraleitern die elektrischen Widerstände und die Thermokraft null.

Die BCS-Theorie zeigt, daß dieser Grundzustand vom "normalen" ersten angeregten Zustand durch eine Energielücke, eine verbotene Zone (gap) getrennt ist. Die Supraleitung ist ein makroskopisches Quantenphänomen."

FKG-Feldmodulator: Transport/Oszillation von PM's durch anziehend virtuelle Photonen als Flußquanten des FM vermittelt

Wir stellen uns modellhaft die PM's mit Oberflächen-Ringstrom und magnetischem Moment als makroskopische Elektronen mit antiparallelem Spinnmoment vor, die durch den FM (= Gitteratome bei SL) in anziehender Austauschwechselwirkung stehen.

FM mit Sperrschicht sperrt/öffnet mit kleinem Energieanteil den Feldfluß der Energie-Flußquanten des magnetostatischen Feldes der antiparallel sich abstoßenden PM. Aus dem erzeugten Feld-Stoß (übertragen durch die Sub-Quanten = virtuelle Photonen (reelle Photonen sind elektromagnetische Quanten)) der PM's wird ein kleiner Energieanteil für den FM genutzt und nach Energie-Generierung vom Ergebnis abgezogen. Der FM, bei Impusausgleich 2 FM-Teile, sind schwingende magnetostatische Massen mit negativer (anziehender) magnetostatischer Feldwechselwirkung (phänomenologisch wie quantenhafte Gitterschwingungen) und übermitteln eine anziehende Austauschwechselwirkung zwischen den antiparallelen Leitungs-PM's. Die PM's verhalten sich in diesem Gleichgewichtszustand wie "gebundene" Cooper-Paare im Grund-Zustand mit $E=0$.

Im Gegensatz zum Supraleiter besteht die vermittelnde anziehende magnetische Austauschwechselwirkung also nicht aus Phononen sondern aus quantenhafte schwingenden Flußquanten (virtuelle Photonen), verursacht durch die Oszillator-Schwingungen des/der Feldmodulators(en). Im FKG werden also keine Massenströme und keine Elektronenströme, sondern antiparallel gekoppelte magnetostatische Makro-Spins (PM's) durch die vermittelnde Anziehung des FM kontrolliert gebunden/entbunden und dadurch bewegt, die ihrerseits den Felddruck als Feldstoß mit Impuls und Kraft über ein Pleuel auf die Kurbelwelle / an den Generator liefern.
(Beim Elektret und elektrischem Feld ist das phänomenologisch genau so).

Diese fundamental neue Energie-Generierungs-Maschine (Kraft-, nicht Arbeitsmaschine) kann man nur verstehen, wenn man nicht nur die Quantentheorie von Wellenfunktionen und Wahrscheinlichkeit mit Tunneleffekt, sondern auch die Sub-Quanten (virtuelle Photonen) des (Vakuum-)Feldes als Austauschwechselwirkung zwischen den Spinnmomenten der Elektronen und deren Elementarladung bzw. von Ringströmen von Magneten / Supraleiter-Magneten auf makroskopischer Ebene und deren Funktionsweise einbezieht, sowie die Wahrscheinlichkeits-Systemgrenzen der Thermodynamischen Hauptsätze und die Quanten- und Teilchen-Transzendenz beachtet.

Hinzu kommt die Erweiterung der Thermodynamik auf schwingende Teilchen Quanten und Sub-Quanten (derzeit ist nur der Atomstoß ein thermischer Prozeß): Elementar und Sub-Elementar-Wellenfunktionen haben eine Temperatur und geben Wärme ab, die sich bei der Umwandlung von kinetischer Energie bei einem Stoßprozeß (Übergänge durch

Wechselwirkung aufgrund virtueller Photonen-, reeller Photonen-, Elektronen-, Atomstoß (thermischer Stoß), +Anregung / Ionisierung), umsetzt. Man kann die Wärme nicht auf Gitterschwingungen und Phononen-Wechselwirkung reduzieren; jeder Schwinger (Wellenfunktion) erzeugt bei einem Stoßprozeß und an seinem Schwingungs-Umkehrpunkt kinetische Energie. Deswegen kann der absolute Temperatur-Nullpunkt (absoluter Stillstand jeder Bewegung) nicht erreicht werden).

Schalt-Zustände des FM:

ZU = gesperrt/"isoliert"/intransparent/ = magn. leitend:
physikalisch = magnetische Flußquanten können den FM wegen hoher Leitfähigkeit $\mu_0\mu_r$ (aufgrund hoher Permeabilität) des FM nicht durchqueren, sie werden in ihrem Fluß umgelenkt/umgeleitet mit nach außen, d.h. in Richtung des antiparallel orientierten Gegen-PM, abschirmender Wirkung. "ZU" bedeutet: Ferromagnetische Austauschwechselwirkung (Spinkopplungen) wirksam (+ FM eingeschaltet).

"AUF" = geöffnet/"nichtisoliert"/transparent = magn. nicht leitend:
physikalisch = magnetische Flußquanten können den stationären FM wegen sehr schlechter Leitfähigkeit (niedrige Permeabilität $\mu \approx 1$) des FM, bzw. beim kinematischen FM Luft/Gas/Vakuum, das Raumgebiet durchqueren; sie werden in ihrem Fluß nicht umgelenkt/umgeleitet mit nach außen, d.h. in Richtung des antiparallel orientierten Gegen-PM, nicht abschirmender Wirkung.

"AUF" bedeutet: Ferro-/ferrimagnetische Austauschwechselwirkung (Spinkopplungen) unwirksam (+ FM ausgeschaltet).

Aus den Feldkraft-Stößen durch Öffnen des FM entstehen longitudinale elastische Stoßwellen aus magnetostatischen Sub-Feldquanten und daraus zuerst eine mechanische Primär-Kraft (Longitudinal-Maschine) bzw. ein Primär-Drehmoment (Transversal-Maschine).

Aus dieser Kraft/Drehmoment kann elektrischer Strom mit einem E-Generator gewonnen oder ein Antriebsmoment direkt genutzt werden.

Feldmodulator Grundprinzipien:

Der Feldmodulator FM wird mit kinematischem oder stationärem Prinzip betrieben.

1. Kinematischer FM: Der kinematische FM kann passiv und/oder aktiv gebaut werden; er schaltet zwischen Materie im Feld (FM leitend) nach Luft/Gas/Vakuum im Feld (nicht leitend).

Die aktive Version nutzt die Wirkung von anziehenden Hilfsfeldern zur

- a) Unterstützung der Anziehung oder
- b) zur Kompensation von anziehenden/ abstoßenden Wirbelstrom-Wirkungen bzw. magnetischen Transversaleffekten

2. Stationärer FM: Der stationäre FM ist nur als aktiver FM mit drei alternativen Wirkprinzipien realisierbar:
 - a) Schaltend zwischen leitend/nichtleitend (FM-Varianten siehe ff.)
 - b) FM mit Tunneleffekt: Feldflußquanten durchtunneln den FM.
FM schaltet zwischen Zuständen Materie "intransparent" (ZU) nach "transparent" (AUF) im Tunneleffekt.
 - c) FM mit M-Feld-Transistoreffekt
Keine Bewegung von elektr. Ladungsträgern (Elektronen, Löcher), sondern Bewegung von Spinkopplungs-Gruppen = Ferromagnetizität: Die Spinnmomente sind stationär an die Elektronen der unkompenzierten inneren Elektronenschalen gebunden und können überschüssig sein = positiv (P) = magnetische Kopplungen, oder fehlen = negativ (N) = magnetische Kopplungslöcher. D.h. eine Ferro- / Ferri-Front (leitend) aus einer Spinkopplungs-Gruppe, wir nennen sie Magnetronen, bewegt sich durch eine paramagnetische Schicht (= nicht ferro- / ferrimagnetisch = nicht magnetisch leitend) ohne Spinkopplungs-Gruppen, siehe ff..

Magnetostatisch-dynamischer Oszillationsprozeß

Die Maschine arbeitet in einem Prozeß zwischen magnetostatisch-dynamisch oszillierenden Zuständen von reversibel-irreversibel-reversibel (insgesamt: irreversibel). Das Wirkprinzip entspricht einer durch die verschiedenen FM-Sperrschichtarten verallgemeinerten "Supertransistor-Maschine" und ist auch eine makroskopische Analogie zu einem Supraleiter mit Energielücke ($FM \rightarrow E=0$):

Die Maschine erzeugt Arbeit/Energie/Entropie mit schwingenden magnetischen Vektorpotential-Longitudinal-Stoßwellen (nichtlineare elastische Kraftfeld-Stoßwellen (Solitonen aus virtuellen Photonen).

Wegen der Oszillation der PM's sind diese selbstreflektierend an gekoppelten Spinnmomenten und spontan magnetisierten Domänen und dem Moment aus dem Oberflächen-Ringstrom (Longitudinalwellen ggf. gekoppelt mit Transversalwellen mit Scherung, Biegung u. Torsion).

Zustand: instationärer magnetischer Spannungstensor (Druck- / Zug-Spannung mit elastischer Deformation des Kraftfeldes durch den FM).

Bezüglich Solitonen siehe erweitertes Eichfeld.

Und die Energie entsteht dabei aus der Kraft zur Selbstorganisation der Materie (magn. Spinnmoment + Austausch-Kräfte / -wechselwirkung, positives Austauschintegral): Sie sucht immer den energetisch niedrigsten Gleichgewichts-Zustand zwischen den Feld-Druck- und Feld-Zug-Kräften (den Deformationen des Kraftfeldes) einzunehmen, also den Zustand minimaler Energiedifferenz, hier sogar im Grundzustand mit $E=0$ (\rightarrow Bose-Einstein-Statistik wechselwirkungsfreier Teilchen, Pauli-Prinzip gilt nicht).

Übersicht bei stationär-aktivem FM:

1. ParaFerro-/Ferri-Schalter für Spinkopplungs-Gruppen (durch Curie-Temperatur, Neel-Temperatur) und andere Prinzipien zur Schaltung zwischen den Zuständen "leitend" → "nicht leitend".

2. FM-Tunneleffekt: Zwei PM sind voneinander in antiparalleler Spinanordnung der PM's (Repulsion = gegenpolige Abstoßung) getrennt durch eine so dünne magnetische "Isolier-/Sperrschicht (FM), daß die durch Anlegen eines Magnetfeldes (elektrische Durchflutung $\Theta = \oint H ds = N \cdot I$ wirkt als magnetische Spannung) beschleunigten Flußquanten (virtuelle Photonen, keine Elektronen) durch diese FM-"Isolations-" / -Sperrschicht hindurchtunneln können (= Schalt-/Wirkprinzip stationär aktiver Tunnel-FM).

Die antiparallele Kopplung zweier PM (PM-Paar) erfolgt über die elastische Deformation des magnetostatischen Feldes durch den FM (durch magnetische anziehende Austauschwechselwirkung verzerrt ein FM das lokale magnetostatische Feld der PM's → Deformationsenergie). Der FM kompensiert die sich abstoßenden antiparallelen magnetostatischen Momente der PM's durch Anziehung (Austauschkraft = Überlappung der Magnetfelder im FM).

3. FM mit M-Feld-Halbleiter: Transport von p-Spinmoment-Kopplungs-Gruppen oder n-Spinmoment-Kopplungs-Gruppen (magnetische Kopplungs-Löcher) durch den M-Feld-Halbleiter, siehe ff.

Bei kinematischem FM wird die dünne FM-Schicht beim Schaltvorgang nach "AUF" durch Luft/Gas/Vakuum ersetzt; das Durchtunneln erfolgt nicht durch den FM-Stoff, da der Tunneleffekt beim kinematischen FM nicht angewendet werden kann.

Der Erfindungsanspruch bei kinematischem FM basiert also nicht auf dem M-Tunneleffekt oder M-Transistoreffekt.

Die vorgenannte Funktionsweise gilt sinngemäß auch für Supraleitermagnete sowie PE's mit elektrostatischem Feld und ferroelektrischem FM.

Energieverbrauch des Feldmodulators:

Der Energieverbrauch des Feldmodulators ist viel geringer als die generierte Stoßwellen-Feldenergie der antiparallelen stehenden Permanentmagnete (PM), die durch den FM geschaltet wird, deshalb ist der Wirkungsgrad η_{el} in der FKM mit Energielücke $E=0$ größer 1 (!); vergleiche Kraft-Weg-Kennlinie longitudinal (PM-Feld) zu transversal (FM-Bewegung im PM-Feld bzw. stationär aktiver FM im PM-Feld) mit fast kraftlosem Schalten des FM im Symmetriezustand der PM's.

Dieses Thema wird noch ausführlich im Kapitel Experimentum Crucis, "Energiesatz und Feldkraftmaschine", behandelt.

Solid-state Maschine:

Die Feldkraft-Maschine kann auch als "Solid-state" Maschine, also ohne bewegte Teile, zur induktiven Erzeugung von Primärstrom aus

- a) sich zeitlich schnell veränderndem Magnetfeld (magnetostatisches Feld vor dem FM) - moduliert / generiert durch einen *stationär-aktiven Feldmodulator* - erzeugt werden. Basis des modulierten, dynamischen Feldes ist das magnetostatische Gleichfeld aus einem stationären Potentialfeld eines Permanent-Magneten oder
- b) mit Permanent-Elektret durch Erzeugung eines magnetischen Feldes auf Basis eines sich durch den FM zeitlich schnell veränderndem elektrischen Feld (Eingang elektrisches Gleichfeld), oder
- c) wie a) aus einem stationären Gleichfeld eines Supraleitermagneten, das durch den stationären FM getriggert wird.

2.2 Elektrischer Feldkraft-Motor (FKE-Impulskonverter)

Im Gegensatz zum magnetischen Feldkraft-Generator benötigt der Feldkraft-Motor elektrische Energie, die zunächst aus dem Feldkraft-Generator gewonnen werden kann (in Pufferbatterie zwischengespeichert). Der FKE kann seine elektrische Energie auch von einer anderen elektrischen "Quelle" beziehen.

Im Feldkraft-Motor wird kein FM benötigt, dafür sind aber **Magneser** (z.B. Einkristall aus ferromagnetischem Stoff) bzw. **Elektreser** (z.B. Einkristall aus ferroelektrischem Stoff) notwendig, in denen ein magnetischer (bzw. elektrischer bei Elektreser) Pumpvorgang (parametrische Erregung / Verstärkung mit Pumpfrequenz) durch Impulsmagnetisierung mit Pulscompressionstechnik, wie bei einem Laser, stattfindet. Dieser Feld-Impuls ermöglicht es, dass diese Maschine, aufgrund der sehr starken mit dem Impuls erzeugten nichtlinearen Feldkraft-Stoßwelle (wird wie Klopfen im Verbrennungsmotor, bedingt durch Schallwelle kontrolliert), eine hohe Dynamik, Momentankraft und Momentandrehmoment abgeben kann, im Gegensatz zu konventionellen elektrischen Antriebs-Maschinen (Motoren) - beseitigt also die allseits bekannte Beschleunigungsträgheit klassischer Elektromotoren (unbeliebt bei Autos, mindert stark den Fahrspaß).

Das Wirkprinzip der **Magneser-Maschine** = **Magneser-Motor** bzw. **Elektreser-Maschine** = **Elektreser-Motor** ist eine Analogie zu einer "Laser-Maschine" (Licht-Stoß / Impuls = Lichtblitz, gepumpt im Lasermaterial durch Licht).

2.3 Magneto-elektrische Feldkraft-Maschine (FKM)

Die FKM Systemkonfiguration stellt die beiden zuvor genannten Sub-Systeme und Wirkprinzipien Feldkraft-Generator und Feldkraft-Motor in einen miteinander abgestimmten Funktionszusammenhang, so dass eine komplette neuartige Antriebseinheit gegeben ist: die Erfindung der Feldkraftmaschine.

Feldkraftmaschine FKM

- 26 -

3. **Durch hochgradig nichtlineare Wellenform erweiterte Eichfeld-Theorie:**
Feldquanten-Dynamik: Notwendig ist eine longitudinal schwingende magnetostatische oder elektrostatische Vektorpotential-Stoßwellen-Dynamik.

Basis: Nichtlineare Feldmodulator-Oszillations-Kipp-Schwingungen erzeugen anziehend vermittelnd wirkende virtuelle Photonen (Sub-Quanten der Spinnomente) auf die PM's. Diese wirken als Austauschwechselwirkung zwischen den antiparallel hochgeordnet polarisierten Elektronen-Spins bzw. der Momente der Oberflächen-Ringströme der PM's als hochgradig nichtlineare longitudinale Stoßwellen (Solitonen) zur phasenrichtigen, parametrischen Energieauskopplung an die Kurbelwelle.

Die longitudinal-Stoßwellen haben ggf. Komponenten auch transversal oszillierenden Torsions-, Biege, Scher und Spinwellen - dies hängt vom FKG-Konstruktions-Typ ab.

Die Stoß- Energie entsteht durch oszillierend frei werdende Deformationsenergie zwischen dem Gleichgewicht-Grundzustand ($E=0$) mit einer Energielücke zum Ungleichgewicht-Zustand (Angeregter Zustand = $+E$) und ist durch den FM steuer- und kontrollierbar .

Die hochgradig nichtlineare Wellenform der longitudinal Solitonen der Sub-Quanten muß in die Eichtheorie eingebaut werden. Ebenso nichtlineare transversale Torsionswellen, Biege-, Scher- und Spinwellen. Spinwellen können auch longitudinal auftreten: z.B. beim Umklappen des Spins in Ausbreitungsrichtung.

Die Wirkungszusammenhänge, insbesondere die der nichtlinearen Kopplung verschiedener Stoff-Charakteristiken und der Austauschwechselwirkung antiparalleler Spins und makroskopischer Momente, ermöglicht dieses neue Maschinen-Wirkprinzip.

Im Experimentum Crucis wird insbesondere der hohe Wirkungsgrad nachgewiesen, der ja aufgrund des fast kraftlosen Schaltens des FM im Symmetriezustand der PMs, möglich wird.

Im Kapitel "Erhaltungssätze und Feldkraftmaschine" wird das Thema "wo kommt die Energie her", wenn die PM's potentielle Energie haben und nicht "leer" werden und wie können wir das begründen.

I.II Allgemeines Prinzip der Feldkraftmaschine

1. Definitionen

1.1. Namensgebung/Prinzip

1.1.1 Wärme-Kraftmaschine WKM

- Von S. Carnot wurde ein Kreisprozeß vorgeschlagen, mit dem Wärme in einer periodisch arbeitenden Maschine in mechanische Arbeit umgeformt werden kann. Der Prozeß verläuft im p, V-Diagramm zwischen zwei Isothermen und zwei Isentropen.
- Wärmekraft-Druckwelle breitet sich mit Geschwindigkeit v (Schallgeschwindigkeit) aus und gibt Impuls bzw. Kraft (aus Gasdruck \rightarrow p, V-Diagramm) an Wandler ab, z.B. über Kolben mit Pleuel an die Kurbelwelle.
- Die Wärme-Kraftmaschine benötigt ständige Zufuhr äußere Primär-Energie, z.B. Treibstoff.
- Sekundär-Energie wird für die Zündkerze und Starter beim Startvorgang benötigt.

1.1.2 Elektromotoren/-Generatoren

Alle heutigen Generatoren (Dynamomaschine) und Elektromotoren arbeiten nach dem Induktionsprinzip nach M. Faraday (instationäre Felder).

- Generator: Äußere mechanische Primär-Energie (kinetische Energie der Rotation) wird in elektrische Energie umgewandelt, indem durch eine Drehbewegung der magnetische Fluß eine Änderung erfährt. Dadurch tritt nach dem Induktionsgesetz (M. Faraday) eine elektrische Spannung auf.
- Elektromotor: Äußere Elektrische Energie wird in mechanische Energie (kinetische Energie der Rotation) umgewandelt. Anliegende elektrische Spannungen verursachen Ströme, deren Magnetfelder auf das vorhandene Magnetsystem Kräfte bzw. Drehmomente ausüben, die die mechanische Rotation der Antriebsachse verursachen)
Ausnahme: Drehstrom-Asynchronmotor, da kein Magnetsystem vorhanden).

1.1.3 Feld-Kraftmaschine FKM-FKG Feldkraft-Generator

Die gesamte magnetische Energie eines Systems, die bei einem PM in der polarisierten Ordnung der Spinnomente und Domänen, bei einem PE als elektrische Energie in der polarisierten Ordnung der Oberflächenladungen der Kristalle und bei einem SM in der den supraleitenden Oberflächen-Ringströmen steckt, wird als innere Energie U des Systems bezeichnet. Diese kann nur geändert werden, wenn über die Systemgrenzen Energie mit der Umgebung ausgetauscht wird.

Begriff der Feld-Energie-"Quelle" / "-Senke"

(→ 1-232: Wärmequellen / Wärmesenken):

Stationarität, d.h. zeitliche Konstanz der ganzen mittleren kinetischen Feldenergieverteilung, ist nur dann möglich, wenn es irgendwo Feldquellen gibt, d.h. Stellen, wo mittlere kinetische Feldenergie aus anderen Energieformen (elektrisch + magnetisch) entsteht. Feldquellen sind z.B. stromführende Drähte, PM, PE, SM und Feldräume in der FKM. Die Feldkraftmaschine ist deshalb eine Energiequelle, weil sie mechanische Nutzarbeit abgibt.

Negative Feldquellen oder Senken sind Stellen, wo mittlere kinetische Feldenergie in andere Energieformen überführt wird, z.B. in mechanische Reibungs-Energie.

Zwischen Feldenergie-Quellen und -Senken kann sich dann eine stationäre Verteilung der mittleren kinetischen Feld-Energie einstellen.

Wir führen eine Thermo-Quantenelektrodynamik (TQED) für Quanten-Feld-Kreisprozesse in der Feldkraftmaschine und Kraftfeldmaschine ein (ausführlich im Kapitel Experimentum Crucis).

Kreisprozeß

Der FKG nutzt einen Kreisprozeß, mit dem ein Kraftfeld (statt Wärme) in einer periodisch arbeitenden Maschine in mechanische Arbeit umgeformt werden kann. Als Arbeits-"medium" dient ein ideales Quantenfeld mit der Quantenmenge (Flußquanten = virtuelle Photonen) ν .

Der Prozeß verläuft im p, V -Diagramm zwischen zwei Isothermen und zwei Isentropen (p = Felddruck, V = Volumen z.B. bei Kolbenmaschine entlang des Hubes).

Nullter Hauptsatz der Thermo-Quanten-Elektrodynamik:

Im magnetostatischen, elektrostatischen und elektrodynamischen Gleichgewicht haben alle Bestandteile eines Systems dieselbe Quanten-Feld-Temperatur T_Q .

Teilchen- und Quanten-Feld-Temperatur:

Molekül-Thermodynamik: Die Temperatur T_M ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der *Moleküle*.

Neues Modell: Atom-Thermodynamik. Wir erweitern die Molekül-Thermodynamik auf die mittlere kinetische Energie aller *Teilchen und Quanten* im Atom: Bei $T=0$ K besteht eine mittlere kin.

Nullpunktsenergie auch für Teilchen (Elektronen) und Quanten (reelle Photonen, virtuelle Photonen).

Grund: In der Wärmekraftmaschine hatten wir das expandierende Gas als Medium. In der Feldkraftmaschine wurde das Gas + Wärme Q_M mit

Temperatur T_M ersetzt durch das Quanten-Feld mit Wärme Q_Q und Temperatur T_Q .

Beispiel für das neue Modell:

Ferro-/Ferri- und Supraleitermagnetismus entsteht nur im Festkörper.

Wenn die *Moleküle* bei der thermischen Temperatur T_M schwingen, so schwingen die im Atom gebundenen Elektronen mit (incl. Dämpfung), auch die unkompensierten, die für den Ferro-/Ferrimagnetismus verantwortlich sind. Diese mittlere kinetische Schwingung überträgt sich auf das Quanten-Feld, d.h. auf das elektrostatische Coulomb-Feld und auf die Spinmomente. Womit das gesamte magnetostatische Quanten-Feld eine mittlerer kinetischer Energie erhält: Dies ist die Quanten-Feld-Temperatur T_Q .

Die Quanten-Feldtemperatur ist auch ein Maß für die mittlere kinetische Energie E_{mkinQ} der reellen Photonen bzw. virtuellen Photonen. Virtuelle Photonen: Bei geringerem Abstand können zwei Elektronen härtere (energiereichere) Feld-Quanten austauschen (\rightarrow Austauschkräfte), die zu größeren Impulsänderungen, also Kräften, führen. Dies sind Sub-Feld-Quanten, weil die reelle Photonen als elektromagnetische Schwingung sich im elektrostatisch-magnetostatischen Raum ($\epsilon_0\mu_0$) mit Lichtgeschwindigkeit c ausbreiten.

Definition: Temperatur im Sub-Quanten-Feld $T_Q = E_{mkinQ}$.

Folge: \rightarrow Thermo-Quanten-Elektrodynamik

Die magnetischen Analogieen wurden auf der Basis des Textes von (4-165 ff.) entwickelt.

Zustandsänderungen des Quanten-Feldes in der TQED:

Magnetische / elektrische isotherme Zustandsänderung

Magnetische / elektrische isotherme Zustandsänderung, da bei der FKM primär keine Molekül-Thermodynamik, sondern Thermo-Quanten-Magnetostatik / Thermo-Quanten-Magnetodynamik bzw. Thermo-Quanten-Elektrostatik / Thermo-Quanten-Elektrodynamik mit reellen bzw. virtuellen Photonen angewendet wird. In unserem Sinne steht die Isotherme für die Wärmeabgabe der Quanten-Felder (Austauschwechselwirkung) bei Feldkompression.

Die Isotherme Quantenfeld-Zustandsänderung (mittlere kinetische Quanten-Feldenergie $E_{mkinQ} = T_Q = \text{konst}$) kann so realisiert werden, daß ein Zylinder / Abschirmgehäuse mit guter magnetischer /elektrischer Quantenfeld-Wärmeleitfähigkeit an ein Quantenfeld-Wärmebad großer Quantenfeld-Wärmekapazität angeschlossen wird.

Die Zustandsänderung soll sehr langsam (quasistatisch) erfolgen, d.h.

- a) die PM's werden mit mechanischer Energie von außen - ohne dazwischen befindlichem FM - zusammengedrückt = Q-Feldkompression, oder
- b) der FM wird langsam geschlossen (sonst entstehen Wirbelströme und Spinrelaxation mit Abschirmwirkung, da das Feld aus der FM-Wand mit zunehmender Frequenz verdrängt wird, wenn Elektronen vorhanden sind

(bei FM aus Ferriten mit sehr höher elektr. Widerstand entstehen kaum Wirbelströme)); die geringe mech. Energie wird zur Feldkompression im Sinne der FKG-Funktionsprinzips für den FM aufgewendet.

(→ Zustandsgleichung)

Im p, V-Diagramm ist die Isotherme eine Hyperbel. Das Q-Feld wird vom Anfangszustand 1 auf den Endzustand 2 "komprimiert". Hierbei muß dem System eine Volumenänderungsarbeit zugeführt werden. Beachte den durch den FM erzeugten Gleichgewichtszustand zwischen den PM's und FM.

Die durch den Fall a) PM-Feldkompression oder b) schließender FM, zugeführte Quantenfeld-Kompressionsarbeit ist *positiv*.

Bei Quantenfeld-Expansion (a) PM geht in UT-Position oder b) FM öffnet) wird die *abgegebene* Arbeit *negativ*.

Gemäß der Bedeutung des Integrals kann die Arbeit im p, V-Diagramm anschaulich sichtbar gemacht werden: Die Volumenänderungsarbeit entspricht der Fläche unter der Kurve im p, V-Diagramm.

Bei der isothermen Zustandsänderung bleibt die innere magn./elektr. Energie konstant (sie hängt nur von der mittleren kinetischen Feldenergie ab, die durch die mittlere kin. Energie der Spinkopplung, Polarisierung / Oberflächen-Ringstrom mit Austauschwechselwirkung entsteht). Dies bedeutet, daß die gesamte bei einer "Quantenfeld-Kompression" zugeführte Arbeit quantitativ als Quantenfeld-Wärme an die Umgebung abgegeben werden muß. Umgekehrt muß bei einer isothermen Quantenfeld-Expansion die vom System nach außen abgegebene Arbeit zunächst als Quantenfeld-Wärme aus dem umgebenden Quantenfeld-Wärmebad dem System zufließen.

Magnetische / elektrische isochore Zustandsänderung:

Bei der magnetischen / elektrischen isochoren Zustandsänderung wird das Volumen des eingeschlossenen Q-Feldes konstant ($V = \text{konst}$) gehalten.

(→ Zustandsgleichung)

Im p, V-Diagramm kann die magnetische / elektrische Isochore als vertikale Gerade dargestellt werden. Da bei konstantem Volumen keine Volumenänderungsarbeit vorkommt, bedeutet dies, daß die zugeführte magnetische / elektrische Kraft (aus der Magnetisierung / Elektrisierung) ausschließlich der Erhöhung der inneren Energie dient.

Magnetische / elektrische isobare Zustandsänderung

Auch die magnetisch / elektrisch isobare Zustandsänderung mit Q-Feldruck $p = \text{konst}$ kann realisiert werden. Durch statische Belastung des PM-Kolbens (PM-PM mit FM auf "AUF"-Position) ist der Q-Feldruck im Innenraum konstant. (→ Zustandsgleichung)

Im p, V-Diagramm ist die Isobare eine waagrechte Gerade. Die Expansion verläuft so, daß dem System durch eine geeignete Quantenfeld-Heizung

(Erzeugung E_{kinQ}) die Quantenfeld-Wärme zugeführt wird, worauf sich der PM-Kolben verschiebt.

Die Volumenänderungsarbeit entspricht der Fläche unter der Isobare. Diese Arbeit ist bei einer Quantenfeld-Expansion negativ, d.h. sie wird vom System nach außen abgegeben. Bei der Quantenfeld-Kompression ist die Arbeit positiv, da sie dem System zugeführt werden muß. Dies bedeutet, daß bei einer Quantenfeld-Erwärmung sowohl die Erhöhung der inneren Quantenfeld-Energie als auch die abgegebene mechanische Arbeit durch die zugeführte Quantenfeld-Wärme gedeckt werden müssen.

Magnetische / elektrische isentrope Zustandsänderung

Die magnetisch / elektrisch isentrope Zustandsänderung kann in einem adiabaten System realisiert werden, bei dem jeglicher Quantenfeld-Wärmeübergang zur Umgebung praktisch unterbunden wird; Umgebung = Abschirmgehäuse.

Achtung: Wir haben offene Systemgrenzen wegen des Tunneleffektes; adiabat bedeutet deshalb bei uns Durchlässigkeit für Teilchen und Quanten gemäß Wahrscheinlichkeit beim Tunneleffekt, durchlässig für Arbeit; die Feldkraftmaschine gehorcht nicht den geschlossenen / abgeschlossenen thermodynamischen Systemgrenzen, da hier ein quantenmechanisches System vorliegt, deshalb die Wörter "praktisch unterbunden".

Im Gegensatz zur magnetisch / elektrisch isothermen Zustandsänderung, bei der ein guter Quantenfeldkontakt zur Umgebung notwendig ist, muss der Zylinder / Abschirmgehäuse jetzt mit einer geeigneten Quantenfeldisolation versehen werden.

Der Name *Isentrope* rührt daher, daß die Zustandsgröße *Entropie* bei einer reibungsfrei und quasistatisch verlaufenden Zustandsänderung konstant bleibt. Die reversibel durchlaufende Adiabate ist mit der Isentrope identisch.

Magnetische / elektrische polytrope Zustandsänderung

Sowohl die magnetisch / elektrisch isotherme Zustandsänderung $pV = \text{konst}$ als auch die isentrope Zustandsänderung $pV^\gamma = \text{konst}$ sind Extreme, die sich in der Praxis kaum verwirklichen lassen. Bei der Kompression bzw. Expansion eines Quantenfeldes in einem Quantenfeld-Verdichter oder Feldkraftmaschine wird eher eine *polytrope* Zustandsänderung der Form $pV^\gamma = \text{konst}$ ablaufen.

(→ p, V-Diagramm)

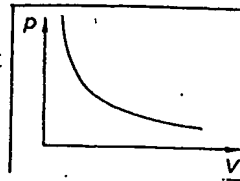
Die Polytropengleichung $pV^\gamma = \text{konst}$ beschreibt auch alle bisherigen Zustandsänderungen mit entsprechendem Wert des Polytropenexponenten:

- Isotherme $n=1$
- Isentrope $n=\gamma$
- Isobare $n=0$
- Isochore $n=\infty$

Spezielle Zustandsänderungen bei idealen Quantenfeldern

Zustandsänderung Bedingung p, V-Diagramm M/E Zustandsgrößen

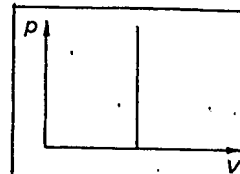
isomag./isoelekt. $dE_{\text{mkin}Q}=0$
 $E_{\text{mkin}Q}=\text{konst}$
 $E_{\text{mkin}Q}=T_Q$



$pV=\text{konstant}$

isochor

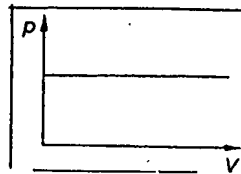
$dV=0$
 $V=\text{konstant}$



$p/E_{\text{mkin}Q}=\text{konstant}$

isobar

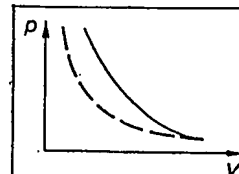
$dp=0$
 $p=\text{konstant}$



$V/E_{\text{mkin}Q}=\text{konstant}$

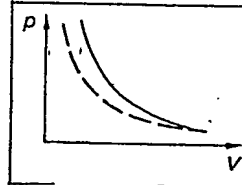
isentrop

$dS=0$
 $\delta Q=0$
 $S=\text{konstant}$



$pV^\gamma=\text{konstant}$
 $T_Q V^{\gamma-1}=\text{konstant}$
 $p^{1-\gamma} T_Q^\gamma=\text{konstant}$

polytrop



$pV^n=\text{konstant}$
 $T_Q V^{n-1}=\text{konstant}$
 $p^{1-n} T_Q^n=\text{konstant}$

Eigenschaften von Kreisprozessen mit

Feld-"Quelle" = Wandler mittlerer kinetischer Feldenergie

Umlaufsinn
 Bezeichnung

rechtsläufig
 Feldkraftmaschinen-Prozeß

linksläufig
 Kraftfeldmaschinen-P.
 Feldarbeitsmaschinen-P.
 Feld wird bei tiefer
 T_Q aufgenommen
 und bei hoher T_Q
 abgegeben

Feldfluß

Feld wird bei hoher T_Q
 aufgenommen und bei
 tiefer T_Q abgegeben

mech. Arbeit

Differenz von zu- und
 abgeführtem Feld wird
 als mechanische Nutz-
 arbeit abgegeben

Differenz von ab- und
 zugeführtem Feld wird
 als mechanische Arbeit
 zugeführt

Beispiele

Feldkraftmaschine

Feldkraftpumpe

Gegenüberstellung Energieflußdiagramm rechtsläufigem (Feldkraftmaschine)
 mit linksläufigem (Kraftfeldmaschine) Kreisprozess (→ Bild 1).

I. II Allgemeines Prinzip der Feldkraftmaschine / Kraftfeldmaschine (FKM / KFM) 35

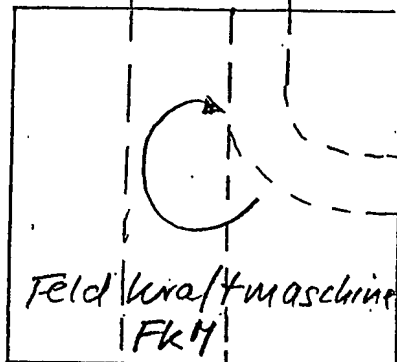
Bild 1: Energieflußdiagramm TQED

a) Rechtsläufiger Kreisprozeß 1) ^{Moleküle:} $W_{\text{arbei}} \neq Q_M \Rightarrow \text{Wärme Quantenfeld:}$
 $\text{Temperatur Moleküle } T_M \Rightarrow \text{Temp. Quantenfeld } T_Q$
 $\text{Feldmenge} = \text{Energienmenge}$
 $\text{Feldquelle} = \text{Energiequelle}$

Feldquelle
 T_{Q3}

Q_{Qzu}

Feldmenge, die von der Feldquelle dem System zugeführt wird.



abgegebene mechanische
 Nutzarbeit $W_Q = - \oint p dV$

Q_{Qab}

Feldmenge, die vom System an die Feldsenke abgegeben wird.
 Feldsenke = Energiesenke

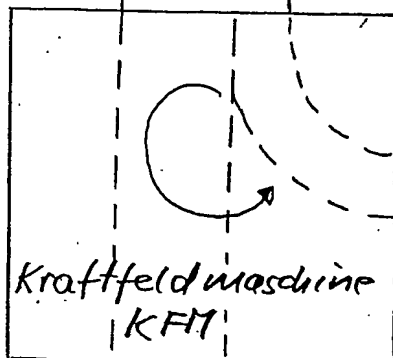
b) Linksläufiger Kreisprozeß $|Q_{Qab}| = Q_{Qzu} + W_Q$

Feldsenke
 T_{Q3}

Q_{Qab}

Kraftfeldmaschine = Arbeitsmaschine,
 Pendant zu Feldkraftmaschine

Feldmenge, die vom System an die Feldsenke abgegeben wird.



Zugeführte mechanische
 Nutzarbeit $W_Q = \oint p dV$

Q_{Qzu}

Feldmenge, die von der Feldquelle dem System zugeführt wird

Feldquelle
 $T_{Q1} < T_{Q3}$

$$Q_{Qzu} + Q_{Qab} + W_Q = 0$$

Bem.: "Quelle" = Energieform-Wandler

36

FKM: $E_Q \Rightarrow W$

Bem.: Nutzarbeit

Als dem ersten Hauptsatz der TQED folgt für die Nutzarbeit W aus dem Quantenfeld Q_Q

$$|W_Q| = Q_{Qzu} - |Q_{Qab}|$$

Im Kreisprozess $Q_{Q12} + Q_{Q34} + W_Q = 0$

Bem.: Wirkungsgrad

TQED - Wirkungsgrad $\eta_{el} = \frac{|W_Q|}{Q_{Qzu}}$

Mit den Zustandsgleichungen und Zustandsfunktionen (magnetostatische, elektrostatische, elektrodynamische Potentiale), die nur vom Anfangs- und Endzustand abhängen, ist die Beschreibung von Gleichgewichtszuständen und Gleichgewichtsbedingungen möglich.

Die wichtigsten Erkenntnisse der Magnetostatik, Elektrostatik und Elektrodynamik sind in vier Thermo-Quanten-Elektrodynamik-Hauptsätzen formuliert, siehe Kapitel Hauptsätze und Feldkraftmaschine.

Konkretisierung des Kreisprozesses

Von innerhalb der Maschine - jedoch außerhalb der Schnittstelle eines "quasi-geschlossenen" Systems der Thermodynamik - angeordneten Magnete (Elektrete) wird aus dem Spinnmoment / Moment mit Austauschwechselwirkung als Kopplung zwischen den unkompenzierten inneren Elektronenschalen und der darauf folgenden Polarisierung (spontane Magnetisierung) der Domänen, ein abstoßendes Energiefeld = Kraftfeld, durch die antiparallele Spinnstellung der PM's erzeugt.

Eine magnetostatische Feldkraft-Druckwelle (longitudinale Stoß-(Druck)-welle), ausgelöst durch einen Feldkraftmodulator, der den Gleichgewichtszustand bei $E=0$ unterbricht, breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und gibt den elastischen Feld-Stoß als Kraft (= Felddruck p im Kreisprozeß $\rightarrow p$, V-Diagramm) über

- a) Primärmagnete/Spule eines Wanderfeld Elektro-Generators oder über
- b) einen Drehmoment-Wandler ab,

z.B. an ein Pleuel mit Kurbelwelle oder Kugelspindel oder Freilaufkupplung.

Die Zufuhr äußerer Primär-Energie ist nicht notwendig, da das magnetostatische bzw. elektrostatische Kraft-/Energiefeld durch Magnet-/Elektret-/Supraleitermagnet permanent innerhalb der Maschine gespeichert ist - jedoch außerhalb der Systemgrenzen des "quasi-geschlossenen" Systems der Thermodynamik.

Eine geringe Sekundärenergie wird für den Feldmodulator und Starter beim Startvorgang benötigt.

FKM-Konstruktions-Typen:

Longitudinal-Maschinen

- a) Hubkolben-Feldkraftmaschine
- b) Freikolben-Feldkraftmaschine
- c) Orbitalkolben-Feldkraftmaschine

Transversal-Maschinen

- d) Kreiskolben-Feldkraftmaschine
- e) Drehfeld-Feldkraftmaschine
- f) Wanderfeld-Feldkraftmaschine

1.2 Energieerzeugung:

1.2.1 Magnetische Induktion / Kraft des PM

Die erzeugbare Arbeit, Energie und Leistung hängt zunächst von der magnetischen Induktion (magnetische Flußdichte) B und der daraus folgenden Kraft F des Kraftfeldes (Felddruck p im p, V -Diagramm) im Luftspalt der bei $(BH)_{\max}$ im eigen- und fremd-entmagnetisierenden Feld bei Scherungsfaktor $N=1$ gescherten M-/E-Permanent-Magnet (Permanent-Elektret) ab.

1.2.2 Feldform und Kraft-Weg-Kennlinie

Desweiteren achten wir auf die homogené/inhomogene Form der Kraftfeldfunktion im Verhältnis longitudinaler zu transversalen Kraft-Weg-Kennlinie.

Diese Kraftfeldfunktion kann eingestellt und variiert werden:

- a) durch die Polflächenform (Ebene, Konus, Tauchspule); z.B. hat eine spitze Polfläche ein sehr starkes und sehr inhomogenes Feld.
- b) durch die Polflächenform unter Berücksichtigung des magn. Brechungsindex (steilere Feldlinien konstruierbar wie bei einer Korrekturlinse eines Schmidt-Spiegels).
- c) durch Flußkonzentration vor der Polfläche (inhomogenes Feld), erzeugt durch eine magnetfeldinduzierte Kristallorientierung im Magneten / Elektreten bei der Herstellung (axialfeldgepresst vs. querfeldgepresst vs. isostatisch gepresst).

1.2.3 Wirkprinzip FKG

Wir erinnern an das Zitat aus (3) über die BCS-Supraleiter-Theorie und erhalten folgendes Modell:

FKG-Feldmodulator: Transport/Oszillation von PM's durch anziehend virtuelle Photonen als Flußquanten des FM vermittelt

- a) Einfluß schwingender magnetostatischer bzw. elektrostatischer makroskopischer Spinnomente (PM bzw. PE) bzw. Momente von Oberflächen-Ringströmen eines SM vs. schwingende Massen bei
- b) Quantenhaft schwingender Feldmodulator vs. Gitterschwingung.
- c) Sub-Quanten des FM übermitteln eine anziehende Wechselwirkung auf die sich abstoßenden PM's mit entgegengesetztem Spin und Impuls.
- d) PMs und PEs gehorchen der Bose-Einstein-Statistik für die das Pauli-Prinzip nicht gilt (wechselwirkungsfreie Teilchen).
- e) Unbegrenzte "gebundene" Paare aus PM's bzw. PE's können am magnetostatischen bzw. elektrostatischen Transport teilnehmen.
- f) Im Grundzustand ($E=0$) transportieren die PM's bzw. PE's keine Entropie, sie interferieren nicht mit den "Makro-Atomen" des FM
- h) Daher sind in magnetostatischen bzw. elektrostatischen FKG-Leitern / Oszillatoren magnetische bzw. elektrische Transport-Widerstände und die Molekül-Thermokraft null.

- i) Dieser magnetostatische bzw. elektrostatische Grundzustand ist vom "normalen" Zustand durch eine Energielücke, einer verbotenen Zone, getrennt.
- j) Die magnetostatische bzw. elektrostatische Supraleitung ist ein makroskopisches Quantenphänomen.

Wir stellen uns modellhaft die PM's als makroskopische Elektronen mit antiparallelem Spinnmoment vor, die durch den FM (=Gitteratome bei SL) in anziehender Austauschwechselwirkung stehen.

FM mit Sperrschicht sperrt/öffnet mit kleinem Energieanteil den Feldfluß der Energie-Flußquanten des magnetostatischen Feldes der antiparallel sich abstoßenden PM. Aus dem erzeugten Feld-Stoß (übertragen durch die Sub-Quanten = virtuelle Photonen (reelle Photonen sind elektromagnetische Quanten)) der PM wird ein kleiner Energieanteil für den FM genutzt und abgezogen. Der FM, bei Impulsausgleich 2 FM-Teile, sind schwingende magnetostatische Massen mit negativer (anziehender) magnetostatischer Feldwechselwirkung (phänomenologisch quantenhafte FM-Gitterschwingungen) und übermitteln eine anziehende Austauschwechselwirkung zwischen den antiparallelen "Leitungs-PM's". Die PM's verhalten sich wie "gebundene" Cooper-Paare im Grund-Zustand mit $E=0$.

Im Gegensatz zum Supraleiter besteht die vermittelnd anziehende magnetische Austauschwechselwirkung also nicht aus Phononen, sondern aus quantenhafte schwingenden Flußquanten (virtuelle Photonen), verursacht durch die Oszillator-Schwingungen des/der Feldmodulators(en). Im FKG werden also keine Massenströme und keine Elektronenströme, sondern antiparallel gekoppelte magnetostatische Makro-Spins (PMs) durch die vermittelnde Anziehung des FM kontrolliert bewegt, die ihrerseits die Kraft auf die Kurbelwelle / Generator liefern.

(Beim Elektret und elektrischem Feld ist das phänomenologisch genau so).

FM mit Sperrschicht sperrt/öffnet mit kleinem Energieanteil den Feldfluß der Energie-Flußquanten der antiparallel sich abstoßenden PM; aus dem erzeugten Feld-Stoß der PM wird ein kleiner Energieanteil für den FM genutzt und abgezogen. Der FM, bei Impulsausgleich 2 Teile, sind schwingende magnetische Massen mit negativer (anziehender) magnetischer Feldwechselwirkung (quantenhafte FM-Gitterschwingungen) und übermitteln eine anziehende Wechselwirkung zwischen den antiparallelen Leitungs-PM's.
 → Die PM's verhalten sich wie Cooper-Paare im Grund-Zustand mit $E=0$.

1.2.4 Reversibler-irreversibler Kreisprozeß

Die Feldkraftmaschine durchläuft einen reversiblen-irreversiblen Kreisprozeß (insgesamt: irreversibel), wobei die Drehrichtung beliebig gewählt werden kann. Weitere Ausführungen siehe Kapitel "Experimentum Crucis".

1.2.5 Wirkungsgrad

Wegen der permanent gespeicherten magnetostatischen Feldenergie / Polarisation ist kein Nachladen nach der Lebenszeit der Maschine notwendig. Demzufolge "schöpft" die Maschine die Primär-Energie aus der Kraftfeld-Wirkung (= elastischer Stoß zwischen Kraftfeldern der gekoppelten Spinnmomente und Domänen) der in der Maschine gespeicherten inneren statischen M-/E-Feldenergie (Polarisation durch Spinnmomentkopplungen). Der Feldmodulator benötigt im Gleichgewichtszustand der PM(PE) oder SM mit dem FM nur sehr wenig Sekundär-Energie zum Ansteuern seiner Schalt-/Verschlußfunktion: Feldquanten-Durchlass / -Sperrung (AUF/ZU).

Der Wirkungsgrad der Feldkraftmaschine hängt vom Energieverbrauch des Feldmodulators (permanent kompensierte transversale Kraft-Weg-Kennlinie und dynamisch kompensierte Wärme aus Wirbelströme + Spinrelaxation) und der Reibung im System ab (→ Bild 1 Energieflußdiagramm).

Es wird ein Wirkungsgrad-Verhältnis η_{el} bis 200:1 (max. 40000:1) prognostiziert/angestrebt; dies wird insbesondere durch die FM-Kippschalter-Funktion nachvollziehbar.

Erhöht werden kann dieses Verhältnis noch durch Hintereinanderschaltung einer FKG (Erzeugung der Primärenergie) mit einem gepumpten Magneser/Elektreser im Feldkraft-Motor FKE (elektrischer Energieverstärker). Die Energie wird durch Impulsmagnetisierung mit Pulskompression (magnetische Schalter) auf einen höheren Level gepumpt, siehe ff.

1.2.6 M-Feld-Transistor und M-Tunneleffekt vs. Elektronen-Transistor / Tunneleffekt

Die Feldkraftmaschine entspricht einem neuen verallgemeinerten Prinzip eines M-Supertransistors mit magnetostatischem Feldquanten-Fluß als Analogie zum Elektronen-Transistor, oder des M-Tunneleffekts mit magnetostatischen Flußquanten, als Analogie gegenüber dem heute bekannten elektr.

Tunneleffekt, da durch den FM M-Feldenergie-Stöße / -Spannungen / -Leistungen als Stoßwellen-Impulse (Flußfeldquanten = virtuelle Photonen) statt Elektronen-Ströme gesteuert werden. (Alle Stoßwellen sind im elastischen Bereich - bis auf die Elektronen-Kopplung am Kern; es wirken Spinrelaxation (Dämpfung des Elektronenspins))

1.2.7 Fazit

Die Feldkraftmaschine kann die Molekül-Wärme-Kraftmaschine in vielen Bereichen ergänzen: statt Nutzung eines Wärmefeldes erfolgt nun die Nutzung eines Druck ausübenden Energiefeldes als elastisches Sub-Quanten-"Medium" aus virtuelle Photonen im Kompressionsraum der Maschine (→ Kreisprozeß p, V-Diagramm, → p entsteht durch Feldkraft auf Feldkraft mit Fläche A; die Feldkraft entsteht durch mittlere kinetische Energie der Feldquanten; Definitionen siehe ff.).

42

1.2.8 Termini Feld- / Quanten-Theorie

Die Feldkraftmaschine entspricht in den Feld- bzw. Quanten-Termini:

- a) in quantenmechanischen Begriffen:
einem Virtuell-Photonenenergie-Impuls-Konverter (virtuelles Photon = Sub-Fluß-Feldquant im Vakuumfeld; Definitionen siehe ff.)
- b) in elektrodynamischen Begriffen: einem Feldenergie-Stoßwellen-Konverter für elastische PM/PE-Feld-Deformationen.

1.2.9 Basissprinzip FKG

In dem FKG wird die Modulation der Levitation der Magnete / Elektrete / Supraleiter durch einen Feldmodulator - oszillierend zwischen Gleichgewicht-/Ungleichgewicht-Zustand - erzeugt.

Es bedarf, wegen der 3-Körper-Problematik mit den Elementen PM_1 -FM- PM_2 , der Einführung einer Quanten-Chromo-Elektrodynamik (Austauschwechselwirkung der virtuellen Photonen = Sub-Quanten des Vakuumfeldes im Mehrkörper-System).

1.2.10 Eichtheorie-Modifikation

Die Eichtheorie muß mit lokaler Frequenz-, Polarisations-, Phasen- und nichtlinearer Wellenform (Solitonen) Invarianz definiert werden.

Wir haben folgende Wellen zu unterscheiden:

1. Longitudinal-Wellen: Longitudinal-Schwingung = Verdichtung/Verdünnung in Ausbreitungsrichtung
2. Transversal-Wellen: Transversal-Schwingung quer zur Ausbreitungsrichtung: Torsions-, Biege-, Scher-, Spinwellen.
3. Spin-Wellen: Spin-Schwingung in Ausbreitungsrichtung (longitudinale Spinschwingung) oder senkrecht dazu (transversale Spinschwingung).

Es breiten sich vektorielle Longitudinal-Stoßwellen aus (Vektorpotential auf Tensor-Basis → Druck-/Zuspannung auf Feldfläche im Feldkörper) oder es entstehen stehende skalare Wellen (Sub-Quanten-Austauschwechselwirkung in sich reflektierend zwischen den Elementarerzeugern - durch Spinnmoment-Reflexion).

Die magnetostatischen longitudinalen Stoß-Wellen / oder Fluß-Feldquanten sind virtuelle Photonen (Sub-Quanten des magnetostatischen Vakuumfeld-Anteils), die zwischen den PM's und FM die Austauschwechselwirkung zwischen den gekoppelten Spinnmomenten der Elektronen der unaufgefüllten *inneren* Elektronenschalen vermittelnd bewirken.

Es gibt noch PE- elektrostatisch longitudinale Stoßwellen und elektromagnetische (dynamische) Transversalwellen, die reellen Photonen.

I.III Magnetische Kondensatoren

Dimagnetikum / Magnetikum, Dielektrikum / Elektrum

1. Definition

Dimagnetikum ($\mu \approx 1 > 1$) = nicht leitend (di = durch)

Magnetikum ($\mu \rightarrow \max$) = leitend, "Quelle" = Magnet

Dielektrikum ($\epsilon \approx 1 > 1$) = nicht leitend (di = durch)

Elektrum ($\epsilon \rightarrow \max$) = leitend, "Quelle" = Elektret

2. Modell:

In (...) = elektrisches Analogon.

Die Feldkraftmaschine ist ein *magnetischer* Kondensator mit *entgegengesetzten* Vorzeichen (antiparallel) der Magnetisierungen (Ladungen) auf den Magneten (Platten) und einem dazwischen befindlichen Dimagnetikum zur gegenseitigen magnetischen Isolation der Magnete.

Zur Verdeutlichung sprechen wir dabei nicht von "Induktivität" im magnetischen System, sondern von "magnetischer Kapazität", da die Kraftwirkung zwischen den Magneten (Platten) als magnetischer Kondensator mit dazwischen befindlichem Dimagnetikum erklärt werden soll.

Dimagnetikum = Feldmodulator:

a) transversal kinematisch passiv oder aktiv

b) stationär passiv oder aktiv

Magnetisierung = vektorielle Summe der magnetischen Momente der Atome, bezogen auf die Volumeneinheit. Magnetisierung = Zustand des Materials.

$M = J/\mu_0 = B/\mu_0 - H$, M hat die Dimension einer Feldstärke (A/m)

Elementarmagnetisierung = magnetisches Moment des Elektrons = Zustand des Elektrons.

Beim Elektret ist die Elektrisierung sinngemäß zu verwenden; hier handelt es sich um das D-Feld und nicht um das B-Feld.

Die magnetischen Analogieen wurden auf Basis des Textes von (3-72 ff.) entwickelt (elektrische Begriffe in (...)):

3. M-Kondensator-Funktion (magnetische Analogie zu 3-78)

Füllt man den Raum zwischen den magnetischen Leitern ("Quelle" = Magnete) eines magnetischen Kondensator mit einem magnetischen Isolierstoff (Dimagnetikum oder dimagnetisches Medium), dann erhöht sich die magnetische Kapazität. Das läßt sich mit einem aufgeladenen magnetischen Plattenkondensator und angeschlossenem Magnetometer zeigen: Wird ein Dimagnetikum in den Zwischenraum hineingeschoben, dann sinkt die magnetische Spannungsanzeige des Magnetometers.

Dieser Effekt dient zur Definition der Materialkonstante μ_r (relative Permeabilität), die als Faktor in die magn. Kapazität mit Dimagnetikum eingeht: $C_m = \mu_r \mu_0 A/d = \mu_r C_0$

Permeabilität $\mu = \mu_0 \mu_r$

Elektrische Kapazität C_E im magnetischen System = C_M = Induktivität L .

Im magnetischen Kondensator kann man magnetische Energie speichern.

→ z.B. Erzeugung und Verstärkung magnetischer Schwingungen.

Die magnetische Feldenergie sitzt zwischen den M-Kondensator-Platten.

Gleiches Prinzip gilt analog für das Dielektrikum mit der Kapazität C_E und Permittivität ϵ .

4. Feldmodulator-Versuch:

4.1 1. Versuch magnetische Kapazität vergrößern (magn. Analogie zu +3-72) Methoden zur Kapazitätserhöhung, z.B. "Aufladen" der Dimagnetischen Platte = Feldmodulator.

Zwei planparallele magnetisch leitende Platten, deren Abstand leicht variiert werden kann.

Die beiden magnetisch isolierten Platten, die auf einer horizontalen Schiene gegeneinander verschiebbar sind, werden zunächst möglichst weit voneinander entfernt, eine von ihnen mit einem Magnetometer verbunden und magnetisch "aufgeladen" = magnetisiert (= Magnet).

Die andere magnetisch leitende Platte und das Magnetometergehäuse sind magnetisch "geerdet", erzeugen also keinen magnetischen Fluß.

Nähert man nun die andere magnetisch "ungeladene" Platte der magnetisierten = "geladenen" Platte bis auf einige Millimeter, so geht der Magnetometeraussschlag stark zurück, um bei Entfernung der Platten voneinander wieder den alten Wert anzunehmen (das Feld reicht jedoch bis ins Unendliche).

Das heißt, die durch die magnetische Influenzmagnetisierung (-ladung) auf der magnetisch geerdeten Platte (und konstanter Magnetisierung (Ladung)) auf der anderen Platte wird die magnetische Spannung zwischen den Platten verringert, also die magnetische Kapazität der Anordnung erhöht und zwar um so mehr, je näher sich die Platten kommen.

Wichtig für die Kapazitätserhöhung ist das *entgegengesetzte* Vorzeichen der Magnetisierung (Ladung) auf den anfangs unmagnetisierten Platte, nicht das Zustandekommen durch magnetische Influenz. Das kann man zeigen, wenn man die zweite Platte nicht magnetisch "erdet", sondern mit *entgegengesetztem* Vorzeichen magnetisiert (auflädt); auch dann sinkt der Magnetometer-Ausschlag entsprechend einer erhöhten magnetischen Kapazität.

- 4.2 2. Gegenversuch magnetische Kapazität verkleinern (= FM-Funktion)
Magnetisiert (Lädt) man die verschiebbare zweite Platte mit *gleichnamiger* Magnetisierung (Ladung) wie die erste auf, so tritt beim Zusammenschieben der beiden M-Platten eine Erhöhung des Magnetometer-Ausschlages ein; hier wird umgekehrt wie vorher, die magnetische Kapazität *verkleinert*.

Für die Deutung des Versuchs ist begriffliche Klarheit wichtig: Statt von magnetischen Vektor-"Potential" der einen Platte und des Magnetometers (Elektrometers) wird jetzt von magnetischer Spannung Θ zwischen den M-Platten bzw. zwischen den Magnetometer und magn. geerdetem Gehäuse. Der Magnetometer-Ausschlag (Elektrometer-) wird durch die im Magnetometer (Elektrometer) befindliche Magnetisierung (Ladung) $Q_M \rightarrow M = B/\mu_0 - H$ (MKSA-System) (Ladung Q_E) bewirkt; aber diese ist zur angelegten magnetischen Spannung Θ proportional, weil die magnetische Kapazität des Magnetometers C_M eine konstante Größe ist:

\rightarrow im magnetischen System $Q_M = M = \Theta \cdot C_M$
(Analogie im elektrischen System $Q_E = U \cdot C_E$)

Im magnetischen System Begriff Kapazität = Induktivität $L = -U/dI/dt$

Induktivität einer Ringspule im magnetischen System $L = \mu \cdot AN^2/l$

(Kapazität eines Plattenkondensators im elektrischen System $C_E = \epsilon \cdot A/d$)

5. Gründe für die Einbringung von magnetisch isolierendem Material:
(magnetische Analogie zu +3-78)

1. Einhaltung des Abstandes der Magnetpole (M-Platten).
Bei möglichst kleinem Abstand soll magnetischer Kontakt (magn. Kurzschluß) vermieden werden.
2. Erhöhung der magnetischen Spannungsfestigkeit
(magnetische "Durchschlag"-Feldstärke)
3. Erhöhung der magnetischen Kapazität: Für das magnetische Dimagnetikum mit der Permeabilitätszahl μ_r gilt $C_m = \mu_r C_{m0}$, wenn C_{m0} die magn. Kapazität im Vakuum (oder Luft) ist.

Kraft zwischen zwei Magnetisierungen (magnetische Analogie zu +3-79)

Für ein dimagnetisches Medium ergibt sich nach dem mit dem Faktor μ_r im Nenner modifizierten Kraftgesetz (Coulomb-Gesetz) für magn. Vektorpotential (Potential), daß die Kraft zwischen zwei Magnetisierungen (Ladungen) um den Faktor $1/\mu_r$ ($1/\epsilon_r$) kleiner ist als im Vakuum. Damit wird auch die Feldstärke um $1/\mu_r$ ($1/\epsilon_r$) kleiner. Die Energiedichte w_m (w_e) des magnetischen Feldes zwischen den magnetischen Kondensatorplatten (den Flächen der Magnete) ist proportional zu $\mu_r H^2$ ($\epsilon_r E^2$), ob sie beim Übergang vom Vakuum zum Dimagnetikum kleiner oder größer wird, hängt davon ab, ob Magnetisierung (Ladung) oder magn. (elektr.) Spannung konstant gehalten werden. Bei konstant gehaltener Magnetisierung (Ladung) *steigt* die magn. (elektr.) Kapazität der Anordnung und damit *sinken* magn. (elektr.) Spannung und magn. (elektr.) Feldstärke proportional zu $1/\mu_r$ ($1/\epsilon_r$);

weil die Feldstärke quadratisch in die Energiedichte eingeht (wenn die Kraft-Weg-Kennlinie ein solches Kraftgesetz hat), verringert sich die zu $\mu_r H^2$ ($\epsilon_r E^2$) proportionale Energiedichte um den Faktor $1/\mu_r$ ($1/\epsilon_r$). Anders ist es bei konstant gehaltener Spannung: Die Feldstärke bleibt konstant und w_m (w_e) wächst mit dem Faktor μ_r (ϵ_r).

7. Oberflächenmagnetisierungen (Oberflächenladungen) durch Transfer (magnetische Analogie zu → 3-769)

Magnetische (elektrische) Isolatoren (Dimagnetikum) können durch Kontakt mit Magneten (Metall oder anderen Isolatoren) Oberflächenmagnetisierungen (Oberflächenladungen durch Transfer von Ladungsträgern i.a. Elektronen) durch Fluß-Transfer von Magnetisierungsträgern = Magnetronen - Definition Magnetronen im Kapitel magnetische Halbleiter - erhalten

Im magnetischen (elektr.) Feld entstehen im Inneren eines magnetischen (elektr.) Isolators magnetische (elektr.) Dipole oder schon vorhandene Dipole werden in Feldrichtung orientiert. An den Stirnflächen des M-Isolators, die senkrecht zum (H-Feld E-Feld) liegen, befinden sich magnetisch (elektrisch) nicht abgesättigte Enden von Dipolen und ergeben Oberflächenmagnetisierungen (Oberflächenladungen) durch Polarisierung.

8. Oberflächenmagnetisierung durch Polarisierung

8.1 1. Magnetischer Isolator im magnetischen Feld (magnetische Analogie zu → 3-775)

Versuch:

Ein magnetischer Plattenkondensator, der an ein statisches (d.h. magnetisch (elektr.) "stromlos" messendes) Magnetometer (Elektrometer) angeschlossen ist, wird magnetisiert (aufgeladen); danach wird die Verbindung zur verwendeten magnetischen (elektr.) Spannungsquelle entfernt.

Nun steckt man nacheinander dimagnetische Platten aus verschiedenem Material in den luftgefüllten Raum zwischen den Magneten = Platten.

Jedes mal zeigt das Magnetometer (Elektrometer) eine kleinere Spannung als ohne das dimagnetische Material.

Ohne Ausnahme führt das einbringen von Materie zur Senkung der magnetischen Spannung am magn. Kondensator. Nach Herausnahme der Platte zeigt das Magnetometer (Elektrometer) sofort wieder die ursprüngliche Spannung an. Dies würde auch geschehen, wenn der Raum zwischen den magnetischen Kondensatorplatten = Magneten, luftleer oder mit einem anderen Gas gefüllt wäre.

Da die Magnetisierung (Ladung) auf den Kondensatorplatten = Magneten nicht geändert wird, kann das Absinken der magnetischen Spannung nur so verstanden werden, daß gemäß $M = \Theta \cdot C_M$ ($Q_E = C \cdot U \rightarrow Q_M$) die magnetische Kapazität des magn. Kondensators von C_{M0} auf einen höheren Wert C_M ansteigt.

Die eingetauchten dimagnetischen Platten wirken also wie eine Verkleinerung des Abstandes der magn. Kondensatorplatte (Magnetpolflächen-Abstand).

Bei gleichnamigen Polen (antiparallele Orientierung) sind die Wirkungen umgekehrt, wie der Versuch bereits zeigte.

Zur Deutung des Phänomens nehmen wir an, daß der magnetische Isolator im magnetischen (elektrischen) Feld polarisiert wird. Darunter versteht man die Erzeugung atomarer magnetischer (elektr.) Dipole in Feldrichtung oder die Ausrichtung von schon vorhandenen, ungeordneten magnetischen Dipolen zum magnetischen (elektr.) Feld.

Dadurch treten an den senkrecht zum H-Feld (E-Feld) stehenden Stirnflächen Magnetisierungen (Ladungen) auf, deren Flächenmagnetisierungsdichte (Flächenladungsdichte) der magnetischen Feldstärke proportional ist. Diese Magnetisierungen (Ladungen) sind unabgesättigte Dipol-Enden; sie besitzen eine geringere Flächendichte als Magnetisierungen auf den Innenseiten der magn. Kondensatorplatten, den Magnetpolflächen. Deshalb wird das magnetische (elektr.) Feld nicht völlig vom Inneren des Kondensators abgeschirmt. Das abgeschwächte Feld durchsetzt den Isolator und sorgt für die Aufrechterhaltung der Polarisation.

Die Polarisationsmagnetisierungen (Polarisationsladungen) an den Isolator-Stirnflächen werden (manchmal) "gebundene" Magnetisierungen (Ladungen) genannt, weil sie an die Dipole gebunden sind (im Unterschied zu den "freien" Magnetisierungen (Ladungen) auf der Metalloberfläche), oder "freie" Magnetisierungen (Ladungen), weil sie nicht abgesättigt sind (im Unterschied zu den anderen Dipolmagnetisierungen (Ladungen)), oder "influenzierten" Magnetisierungen (Ladungen), weil sie mit dem H-Feld (E-Feld) auftreten und verschwinden im Unterschied zu den "aufgebrachten" Magnetisierungen (Ladungen) auf den magnetischen Kondensatorplatten.

8.2. 2. Magnetische Polarisation, fiktives B-Feld (magnetische Analogie zu +3-776)

Die Polarisationsmagnetisierungen (-ladungen) treten auf, weil entweder unpolare Atome durch das magnetische Feld so deformiert werden, daß die Schwerpunkte für die Verteilung der positiven (fehlende M. = Magnetisierungsmangel im Atom) und negativen Magnetisierung (Ladung) nicht mehr zusammenfallen, also induzierte magnetische Dipole entstehen, oder weil in kleinen, molekularen Bereichen von magnetischen Isolatoren eine Ausrichtung bereits vorhandener magnetischer Dipole stattfindet, wenn der magnetische Isolator einem magnetischen (elektrischen) Feld ausgesetzt ist. Beide Möglichkeiten und Übergänge zwischen ihnen kommen vor.

Handelt es sich um induzierte magnetische Dipole in unpolaren Atomen und Molekülen, dann spricht man von magnetischer Verschiebungspolarisation, z.B. durch Bewegung der Magnetronen im Feld $H \neq 0$.

Sind bereits polare Moleküle, also permanente molekulare Dipole vorhanden, dann spricht man von Orientierungspolarisation.

Die Verschiebung der Magnetisierung (Ladung) in neutralen Atomen, bewirkt durch ein magnetisches (elektrisches) Feld, ergibt induzierte magnetische Dipole in Feldrichtung und Polarisationsdipole (-ladungen) auf den Stirnflächen des M-Isolators (Dimagnetikum).

47

Dementsprechend ist die Polarisierung ein Vektorfeld, das die negativen Polarisationsmagnetisierungen = negative Magnetpole (-ladungen) auf der einen Stirnfläche als Quellen, die positiven Polarisationsmagnetisierungen = positiven Magnetpole (-ladungen) auf der anderen Stirnfläche als Senken besitzt. (3-776, 61)

Das äußere H-Feld (E-Feld) wird durch die Polarisationsmagnetisierungen (ladungen) teilweise vom Inneren des M-Isolators abgeschirmt; anders ausgedrückt: ein Teil der H-Feldlinien (E-Feldlinien) endet an den negativen Polarisationsmagnetisierungen (ladungen) und entspringt neu an den positiven Polarisationsmagnetisierungen (ladungen) auf der anderen Seite.

Die wird im homogenen H-Feld bei entgegengesetzten Vorzeichen der Magnete deutlich; bei antiparallelen, gleichnamigen Magnetpolen der Platten, ist es ein abstoßendes Feld und die Polarisierung verläuft im abstoßenden Feld.

9. **Magnetische Kondensator-Typen (magnetische Analogie zu 4-280)**
Zwischen den Magnetroden (Elektroden) M-Anode ./ M-Kathode befindet sich das Dimagnetikum. Ein Diagramm kann die Spannungs-Kapazitäts-Bereiche der magnetischen FM-Kondensatortypen zeigen.

- Ferro-/ferri-Metallfolie und Dimagnetikumsfolie
- metallisierte Ferro-/ferri-Dimagnetikumsfolie
- Magnetrolyt
- Sinter-Dimagnetikum

- Ferro-/Ferri Keramik

Klasse I: niedrige Dimagnetizitätskonstante μ_r

Klasse II: hohe Dimagnetizitätskonstante μ_r

Klasse III: sehr hohe Dimagnetizitätskonstante μ_r

Als Ausgangsmaterial wird eine ferro/ferrimagnetische Scheibe verwendet, die durch Reduktions- und Oxidationsprozesse magnetische Halbleitersperrschichten bildet, die wie ein Dimagnetikum wirken

→ spannungsabhängige Kapazitätswerte

Herstellung als Vielschicht-Kondensatoren

→ hohe Volumenkapazität

- Einstellbare Kondensatoren
 - Drehkondensator
 - Luft-/Ferro-/Ferri-Keramik-Trimmer
 - integrierter magnetischer Kondensator
 - Kapazitätsdioden

Alle Kondensatoren sind in magnetischem (Magnet) oder elektrischem (Elektret) Prinzip realisierbar.

10. **Bauformen (magnetische Analogie zu +3-81):**
FM-Blockkondensator,
FM-Drehkondensator

49

Grundsatz der Erfindung:

Drehmomentabgabe.

Folge: Stoßwellen erzeugen Felddruck ($\rightarrow p$, V-Diagramm) mit hoher Dynamik wie bei einem Verbrennungsmotor.

Ebenso sind Supraleitermagnete verwendbar.

Es werden bei der Erklärung des Wirkprinzips der Einfachheit halber in der weiteren Beschreibung die Begriffe auf ferro-/ferrimagnetische Stoffe und Wirkungen bezogen, obwohl die Wirkungsprinzipien der ferro-/ferrelektrisch weichen und harten Stoffen phänomenologisch gleich sind und sich der Patentanspruch auch auf diese phänomenologisch symmetrischen Wirkungsprinzipien bezieht (vgl. Hysterese) Dies gilt auch für den Supraleitermagneten als PM-Ersatz.

Die Magnete werden in abstoßender Orientierung (antiparallel, gleichnamige Pole in Repulsion) gegenüberliegend auf einer Linie. (longitudinale Richtung = senkrecht zur Magnetfläche) angeordnet.

A) in der Mitte zwischen den sich longitudinal abstoßenden Magneten (Bild 1), in der Version B) außerhalb der sich dabei bis auf $d \rightarrow 0$ näher als bei A) kommenden Magnete (ohne dazwischenliegenden FM mit Dicke s) angeordnet (Bild 2), und stellt bei geeigneter Dicke s ein Gleichgewicht durch Anziehung zwischen den sich abstoßenden antiparallel orientierten Magneten her, weil der weichmagnetische Stoff stark anziehend (negative Energie = anziehend, positive Energie = abstoßend) auf die beiden Magnete wirkt.

Wird der Feldmodulator transversal entfernt (transversale Kraft-Weg-Kennlinie verbraucht geringere Energie (ggf. transversale Anziehung des FM von PM wird kompensiert) als longitudinaler Kraft-Weg-Kennlinie), weil im günstigsten Fall ein quasi-homogenes longitudinales Feld quer (parallel = transversal auf einer quasi ebenen Äquipotentialfläche, potentielle Energie bleibt gleich) geschnitten wird, so dass die Feldkraftmaschine vom Zustand des

Gleichgewichtes zwischen "PM-Abstoßung und FM-Anziehung" in den Nicht-Gleichgewichts-Zustand wechselt (kippt! = nichtlineare Kippschwingung) - dabei erhalten beide PM einen elastischen Feld-Stoß (Impuls) in longitudinaler Richtung und bewegen sich deshalb von der OT-Position der Kurbelwelle zu einer UT-Position mit erneutem nicht magnetischen Gleichgewichts-Zustand.

Sind die PM's in der UT-Position, so wird der FM bei OT geschlossen (Gleichgewicht) und die PM's können ohne Gegenkraft (Abstoßung) sich in Richtung OT bewegen (Bild 3).

Die Bewegung zwischen den Gleichgewichts-Zuständen bei OT und UT-Position erfolgen dynamisch oszillierend und bei verschiedenen Drehzahlen (Frequenzen, parametrisch angeregt durch den FM).

Durch die transversal kinematisch oszillierende Bewegung des FM-Verschlußes (transparent / Luft = AUF vs. intransparent/weichmagnetischer Stoff = "ZU") oszillieren die Magnete ebenso, wobei

- a) eine Rückstellkraft, z.B. durch die Schwungmasse einer Schwungscheibe (mit Schwingungsdämpfer dämpft auch die Feld-Stöße in den Takten und Beschleunigungen / Verzögerungen bei OT/UT)) auf einer Kurbelwelle, bewegt die Magnete in die Ausgangsposition (OT = oberer Totpunkt = 0° KW) zurück (Kreisprozeß, Leerhub), oder
- b) zwei weitere weitere Magnete mit je einem FM in der UT-Position (UT = unterer Totpunkt = 180° KW), die Rückstellung Richtung OT durch Abstoßung bewirkt, während der 1. FM geschlossen ist, also keine abstoßende Kraft zwischen den Magneten bei OT besteht (Bild 4).

Der oszillierende Feld-Stoß, als Impuls auf die PMs übertragen, wird bei OT (und ggf. UT = Nutzung von Hub -h) als Nutzenergie verwendet z.B. elastischer Feld-Stoß → Druck auf die PM-Fläche in Volumen V → PM-Impuls → Kraft zur Bewegung einer Spule im Magnetfeld als E-Wanderfeld-Linear-Generator bzw. umgewandelt in eine Drehmoment mittels z.B. einer Kurbelwelle (Spezial-Varianten siehe Erfindung ff.) (Bild 5).

1.2 Magnet- / Elektret-Feldbatterie

Dauermagnete besitzen nur potentielle Energie. Denn sonst müßte der Energieinhalt nach längerem Gebrauch erschöpft sein.

Als Feldbatterie bezeichnen wir in x-y-z oder im Dreiecksnetz angeordnete Magnete bzw. Elektrete bzw. Supraleitermagnete:

Die PM bzw. PE / SM können zu PM- / PE- SM-Feldbatterien zusammengeschaltet werden, um eine kumulativ hohe Kraft bei relativ niedrigem Eigengewicht zu erhalten (beachte Optimum Haftkraft/Eigengewicht → kinetische Energie).

Die PM bzw. PE sind auszulegen nach einem Optimum von Haftkraft zu Eigengewicht unter Repulsionsbedingung, so dass keine Entmagnetisierung stattfindet (beachte Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ bei $(BH)_{\max}$).

Die longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie ist entsprechend dem Oszillations-Hub und der geforderten Drehmomententfaltung in ihrer Kraft-Weg-Funktion zu gestalten (z.B. ebene Polfläche, konkave Fläche, Konus, Tauchmagnet, etc.)

Es wurden ganz bestimmte optimale Magnet-Designs entwickelt, die ebenso zum Erfindungsanspruch gehören, siehe ff.

1.3 Feldmodulator

1.3.1 Unterscheidung kinematischer zu stationärer FM:

Kinematischer FM: transversale Bewegung / Oszillation mit ggf. transversaler magnetischer Anziehungs-, induktive Wirbelstrom- (magn. Abstoßung), sowie Wärme-Kompensation, falls diese auftreten (bei Ferriten entstehen so gut wie keine Wirbelströme, weil diese einen sehr hohen spez. elekt. Widerstand haben. Diese Problematik wird ausführlich im Kapitel Anti-Wirbelstrom-Prinzip gelöst.

FM-Verschluß offen = Luft, Gas, Vakuum zwischen den PM,
FM geschlossen = weichmagnetischer Stoff plus ggf. statische / dynamische Hilfs-Felder als aktiver FM (Bild 6).

Der kinematische FM kann Komponenten des aktiven FM tragen, um gewisse negative Induktions-Kraftwirkungen zu kompensieren (Bild 7).

Stationärer FM: Dynamische Änderung der Stoffcharakteristik ggf. plus dynamische Hilfs-Felder (Anziehungs-Basis verstärken + Wirbelstrom-Abstoßungs-Kompensation).

Der stationäre FM verbleibt also immer in seiner Position in der Mitte (Symmetrieebene) zwischen den PM's. Dieser FM-Typ kann nur als aktiver Schalter/Verstärker gebaut werden, da er in seiner Wirkungsänderung geschaltet wird und nicht in seiner Position transversal oszilliert.

Stationärer FM: "Zu" = "Isolator"/Sperrschicht = hohe Permeabilität = Ferro-/Ferrimagnetismus).

"AUF": niedrige Permeabilität $\mu \approx 1$ = hoher Paramagnetismus (Bild 8).

FM-Typen:

- a) Leitend / nicht leitender FM (ParaFerroFerri-FM etc.)
- b) M-Tunneleffekt von Flußquanten durch den geschlossenen FM
- c) M-Transistoreffekt mit magnetischem Halbleiter-FM.

Alle Varianten können ohne oder wegen induzierter Wirbelströme mit Lamellierung (Permeabilität-Schicht + Anti-Wirbelstrom-Struktur) und offener / geschlossener Abschirmgehäuse-Geometrie verwendet werden (doppeltäumiges Abschirmgehäuse mit je einem PM) (Bild 9, Bild 10).

1.3.2 Passiver Feldmodulator

Der FM stellt in seiner Grundstellung (intransparent = "Zu") das notwendige Gleichgewicht zwischen Anziehung durch den FM und Abstoßung durch die PM's her (alle transversalen Kräfte sind Null). Wirbelstrom-, Hystereseverluste und Spinrelaxation treten nur bei dynamischer Oszillation der PM's und bei elektrisch leitendem Stoff in der Oberfläche des FM auf (Seite zum PM gerichtet, da Fläche nicht genau in der Symmetrieebene liegt, werden diese negativen induzierten Lorentz-Kräfte dynamisch kompensiert, siehe ff.). (Bild 11)

Außerdem sind die beiden PM's in der abstoßend rückläufigen Gleichgewichts-Position (passiver FM geschlossen), in der sich die Felddiffusionswirkungen, bei Bewegung der PM's hin zum geschlossenen FM im FM, wegen der gegenseitig neutralisierenden abstoßenden Wirkung der PM-Felder (Lorentz-Kraft aufgrund des kompensierten Induktionsstromes = induziertes magnetische Moment (Lenz'sche Regel) = null) in der Mitte des FM (wegen der gegenläufigen Drehrichtung der Wirbelströme) aufheben (jedoch nicht an der Oberfläche des FM wegen der Entfernung Δs von der Mitte (Symmetrieebene) des FM zum PM).

Auch die Ummagnetisierung des FM tritt in der Mitte des FM nicht ein, weil sich die Feldwirkungen in der Mitte des FM gegenseitig aufheben (Gleichgewichts-Zustand).

Dynamische Kompensation der induzierten Lorentz-Kraft bei elektrisch leitendem FM-Stoff und magnetische Vorspannung
Alle auftretenden, dynamischen Effekte an der Oberfläche des FM (im Ergebnis abstoßende Kräfte bei Annäherung der PM's an den FM (Lenz'sche Regel)) werden dynamisch kompensiert durch einen aktiven FM oder durch magnetisch anziehende "Vorspannung", die erst bei höheren Frequenzen zum "statischen" Ersatz-Gleichgewicht kommt, weil bei Stillstand ein aktives anziehendes FM-Hilfs-Feld die fehlende Anziehung kompensiert. Damit wird der statische Gleichgewichtszustand in höhere Frequenzen verlagert und der FM kann in der Dicke s dünner werden, was zur Folge hat, dass die PM's dynamisch einander näher kommen können und damit die abstoßende Kraft beim Stoß (FM = AUF) viel größer ist (beachte Kraft-Weg-Kennlinie ähnlich Coulomb-Kraft)). Im statischen Zustand ist bei magnetischer Vorspannung ohne eingeschaltetes Hilfsfeld die Abstoßung größer als das Gleichgewicht, womit die PM's einen gewissen neuen, größeren Gleichgewichts-Abstand, verrückt um Δs einnehmen, der nicht der FM-Dicke s entspricht.

Der Feldmodulator, wirkt in geschlossenem Zustand (=leitend) für ein Magnetfeld wie eine Sperrschicht / "Isolator", ebenso in einem M-Transistor (= Feldquantenventil), wenn die Basis gesperrt geschaltet ist). Die Permeabilität der weichmagnetischen Legierung bestimmt die Dicke s des FM zwischen den PM's (magnetische Leitfähigkeit $\mu_0 \mu_r$ durch sehr hohe Permeabilität und sehr unterschiedlich "abschirmende" Wirkung in einem

geometrisch offenen oder geschlossenen Gehäuse (magnetischer Nebenschluß)) und bestimmen damit den Grad der gegenseitigen Abschirmung der sich abstoßenden PM's (Bild 12).

Bem.: In geschlossener Geometrie werden frequenzabhängig Wirbelströme induziert, die zur Erhöhung der Abstoßung führen, aber nur dann, wenn Streufelder in das Gehäuse gelangen, siehe ff. Kapitel Feldmodulator.

Der FM läßt die permanent gespeicherte potentielle Feldenergie der PM's in ihrer Wirkung (Kraft durch Feldquantenfluß) durch oder sperrt diese (ähnlich einem Kameraverschluss für Photonen von der Sonne).

Nochmal: es wird nur die Wirkung, d.h. die Austauschwechselwirkung der Spinkopplungs-Gruppen bzw. das Moment von Ringströmen moduliert und nicht die "Quelle" selbst angezapft!

Der Feldmodulator aus sehr gut magnetisch leitendem weichmagnetischem Stoff mit entsprechender Dicke s etc. hat eine anziehende Wirkung auf die PM's, die umso stärker ist, je dicker er ist - damit wird die zunächst große Abstoßung der PM's mit zunehmender Dicke etc. zum Gleichgewichts-Zustand, und dann vom Gleichgewichts-Zustand mit dem FM bei weiter zunehmender Dicke etc., in eine starke Anziehung in der Kraft-Weg-Kennlinie gewandelt.

Die PM's können normalerweise keine stabile Gleichgewichtslage einnehmen, wenn nicht der FM symmetrisch zu den PM's positioniert und die PM's nicht mechanisch über Zahnräder oder Kurbelwelle gekoppelt sind, so dass sie sich nicht einseitig nähern können (labiles Gleichgewicht), ohne den anderen PM gleichzeitig mit zu verrücken.

Ab einer bestimmten Dicke s etc. kippt das Gleichgewicht in eine starke Anziehung durch die PM's. Umgekehrt wird die Anziehung vergrößert, wenn die Dicke s kleiner als im Gleichgewichts-Zustand ist (Bild 13).

Die Dicke s , Form, etc. des FM regelt so den Gleichgewichts-Zustand der mechanisch gekoppelten PM's durch eine nichtlineare Kippfunktion ein.

Dies ist das Grundprinzip eines passiven FM.

Beachte hohe Permeabilität (magn. Leitfähigkeit), Aussteuerung bei $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$ und entsprechender Legierung und anisotrope Kristallstruktur; ebenso die Änderung von μ bei variabler Blechdicke und Lamellenform.

Es gibt noch ein aktives Grundprinzip, in dem der FM z.B. in der Stoff-Charakteristik, z.B. die Permeabilität in der Permeabilität-Induktion-Kurve oder die Temperatur-Induktion-Kurve (Schaltung ferromagnetisch vs. paramagnetisch bei Curie-Temperatur T_C , etc.), von "transparent" = "AUF", nach "intransparent" = "ZU", geschaltet wird. Sinngemäß gilt das auch für ferrimagnetische und ferro-/ ferrielektrische Stoffe (Bild 14, Bild 15). Auch der SM kann durch einen Temperaturgradienten von supraleitend in normalleitend geschaltet werden.

1. Ausgangslösung des FM = statisches Gleichgewicht mit weichmagnetischem Stoff mit FM-Dicke $|s|$ etc., am besten Ferrimagnetischer Stoff, weil dieser so gut wie keine induzierten Wirbelströme zuläßt.
Wird als Optimierung auf metallische Stoffe z.B. CoFe übergegangen, so können Anti-Wirbelstrom-Prinzipien angewendet werden +3.
2. Wirkungskompensation der Abstoßungskraft bei dünnerer FM-Dicke s
 - a) durch statisch anziehendes Hilfs-PM-Gleichfeld mit verstärkend wirkendem magnetischen Kippschalter, siehe ff.
 - b) durch aktives dynamisch anziehendes Hilfs-Feld mit verstärkend wirkendem weichmagnetischem Kern, siehe ff.
 - c) durch Anziehung verstärkende, statt schaltende Funktionen, z.B. mit M-Transistor
3. Dynamische Wirkungskompensation der negativen Kraft (Abstoßung) aus Wirbelstrom-, Ummagnetisierungs- und Spin-Relaxations-Effekten:
 - a) dynamisch angepaßte kinematisch bewegte anziehend weichmagnetische Lamellen ändern die FM-Dicke s dynamisch mit der Frequenz
 - b) durch magnetische anziehende Vorspannung mit konstantem Hilfs-PM-Gleichfeld
 - c) durch dynamisch variable anziehende aktive Hilfs-Felder mit weichmagnetischem Kern, siehe ff.
4. Elektrodynamischer Feld-FM als Ersatz für den weichmagnetischen FM mit Dicke s (schlechtester Wirkungsgrad, da keine Verstärkung durch weichmagnetischen Stoff)

Alle Varianten voll regelbar von "transparent" bis "intransparent"

Übersicht Aktive FM-Varianten

- | | | |
|-----|---|---|
| 1. | Permeabilität-Induktion-FM | $= \mu_{\max}/B_{\text{opt}} = \text{max. Leitfähigkeit} \rightarrow$
$\mu_{\min}/B_{\max} = \text{min. Leitfähigkeit}$
$PM \rightarrow \Delta s \text{ Abstand zur Magnetfläche} \rightarrow \pm \Delta B$ |
| 2. | ThermoMag-FM
Ferro-/Ferri-magnetisch.
Ferro-/Ferri-elektrisch | = Schalten Curie-/Néel-Temperatur
Magnetisierung "einfrieren" |
| 3. | Anisotropie-FM | = Kristallorientierung / Kornorientierung
ändern \rightarrow magn. Vorzugsrichtung
= mech. Spannung (Villareffekt)
umgekehrte Magnetostriktion |
| 4. | Weichmagn. Induktions-FM | $= \rightarrow \pm \Delta B \rightarrow B_{\text{opt}} - B_{\max}$
Impulsmagnetisierung mit
Pulskompression |
| 5. | Hardmagn. Induktions-FM | = Magnetische Kippschalter oder
instationäre magn. Spannung |
| 6. | Induktionsstrom-FM | = Induzierter Wirbelstrom "An"/"Aus"
in z.B. AL-/Cu-Schicht |
| 7. | Grenzfrequenz-FM | = unter/über der Grenzfrequenz |
| 8. | Spinresonanz-FM | = Klappen der Spinrichtung
(Ferro-/Ferrimagnetische Resonanz) |
| | ParaFerro-/Ferri-FM | = Ferro-/Ferri-Front-Wanderung |
| 10. | M-Halbleiter-FM:
M-Diode, M-Transistor,
M-Thyristor | = Magnetronen / Magnetronen-Löcher
\rightarrow Schaltung / Verstärkung / Triggerung |
| 11. | M-Tunnel-FM | = magn. Tunnelstrom
Magnetische Spannung
\rightarrow durchleitend - gesperrt |
| 12. | Supraleiter HTSL (Typ 3)-FM | = normalleitend/supraleitend |

1.3.4 Flußleitstücke zur Überbrückung des Luftspaltes bei kinematischem FM Option zur Übertragung der Feldkraft ohne FM-Luftspalt (\rightarrow Kraftfeldschluß):

Über eine FP wird im offenen Zustand des FM eine Fluß-Brücke durch ein Flußleitstück (FS) zwischen den sich abstoßenden PM's hergestellt. Wird der FM geöffnet, also transversal verschoben, so entsteht ein Luftspalt mit der Dicke $d=s+2\Delta d$, und in diesem Luftspalt entsteht ein großer Vektorpotential Abfall der Kraft in der Kraft-Weg-Kennlinie. Dieser Kraftabfall (entsprechend der Funktion) wird durch transversal, simultan mit der FM-Bewegung, nachfolgenden Flußleitstücke (FS) mit hoher Leitfähigkeit in longitudinaler Richtung (z.B. Co hexagonale Kristallanisotropie in 00.1-Richtung) ausgeglichen - und damit das Feld durch Flußleit-Kraftfeldschluß übertragen. (Bild 18) Im Grunde ist das FS in seiner Wirkung umgekehrt wie der FM: bei Anwesenheit besteht hohe Leitfähigkeit in Richtung des Gegen-PM (statt bei FM hohe Leitfähigkeit in transversaler Richtung).

Die "Flußplatte" (FP) besteht aus mehreren Flußleit-/Übertrager-Stücken, da der Fluß ja nicht zwischen den Polen eines und desselben Magneten geleitet werden soll (wie beim FM), sondern die Flußleit-Stücke stellen den Fluß zwischen den einzelnen Polen der verschiedenen sich abstoßenden Magnete her, so daß die ursprüngliche Kraft der PM im Abstand $h=0$ mit fast 100% übertragen werden kann (es bestehen nur noch die 2 Luftspalt-Lücken Δd , die als Spalt zur mechanisch reibungsfreien Bewegung des FM/FP/FS vorhanden sein müssen).

1.3.5 PM-Kolben und FMs im Magnetkreis mit Anziehung

Bisher haben wir FKG-Konstruktionen im Abstoßungs-Prinzip behandelt. Die folgenden Bilder und Text (Bild 21) zeigen, dass, konstruktionsbedingt durch FM-Flußumleitung, auch ein Anziehungs-Prinzip mit anziehendem weichmagnetischem PM-Kolben, statt mit abstoßendem Gegen-PM, realisiert werden kann.

1.3.6 Magnet-Feldbatterie

In Bild 22 wird gezeigt, dass durch das sinnvolle Zusammenschalten von Kraft-zu-Gewicht-optimierten PM's zu einer magnetischen Feld-Batterie - durch die Addition der Kräfte - sehr große Kräfte (statische und FM erzeugte Stoßwellen) entstehen können.

Für eine Feldkraftmaschine sind 30000 N die Untergrenze pro PM-Kolben.

1.3.7 Mechanische Optimierung des Abstoßungsvorgangs

1.3.7.1 Kurbelwellen Vario-Hebelarm (neuer KW-Typ)

1: Maximaler Hebelarm und Drehmoment/Leistung

Ein variabler Hebelarm, geregelt über eine KW-Winkel- / Hebelarm-Verlagerung, z.B. über einen Knickpleuel + Exzenter oder mittels der Erfindungen des Pleuellängen-Variators (siehe ff.: Translation-Rotation-Wandler), bewirkt, dass der Hebelarm des Kurbelzapfens auf der Kurbelwelle

(mit ihrer Grundwinkelbewegung $\varphi = 360^\circ$) von $\varphi = 0^\circ = \text{OT}$ auf $\varphi' = 0^\circ + \Delta\varphi$ (max 90°KW) in Relation zur OT-Position verlagert wird, d.h. es kann der Totpunkt (ohne Hebelarm) bei $\text{OT} = 0^\circ \text{KW}$ mit maximaler PM-Kraft auf maximalen Hebelarm der KW auf KW φ' verlagert werden. (Bild 19)

Damit sind ein wesentlich größeres Drehmoment und Leistung erzielbar (bis Faktor 4 bei Pleuellängen-Variator gegenüber $6-12^\circ \text{KW}$ Krafteinleitung) und die maximale Kraft der PM's kann bei der OT'-Position $\varphi' = 90^\circ \text{KW}$ voll ausgenutzt und umgesetzt werden - trotz des sehr starken Kraftabfalls des magn. Vektorpotentials an den Polflächen (ähnlich Coulomb-Potential).

Durch eine Konusform der Polflächen etc. oder Tauchkonstruktion siehe ff., kann der Verlauf der Kraftfunktion (Kraft-Weg-Kennlinie) in gewissen Grenzen verbessert werden.

Jedenfalls erfolgt durch den Pleuellängen-Variator eine weitere Drehmoment- und Leistungs-Erhöhung durch erheblich verbesserte Kraft- / Stoß- / Druck-Einleitung bei $\varphi' = 90^\circ \text{KW}$.

Die neue Konstruktion des Pleuellängen-Variators ist so gewählt, dass auch der negative Hub (-h) bei UT mit einer Schub-Kraft belegt werden kann (Kraft: +F bei +h = 90° bis 180°KW und -F bei -h = 180° bis 270°KW).

2. Bewegungszeit und kinetische Energie des FM bei Pleuellängen-Variator

Die Verlagerung des OT nach OT' bei φ' bewirkt zusätzlich, dass in dieser Anpassungszeit des Pleuels (Pleuelverkürzung ab φ 270° bis 90°KW) durch den Pleuellängen-Variator, der PM-Kolben in der Position OT ruht, bis die Kurbelschleife bei φ' (max. 90°KW) angekommen ist. In dieser Ruhezeit kann der FM transversal wesentlich langsamer als bei der Bewegung in der normalen Kurbelschleife bei OT herausgefahren/hineingefahren werden (in AUF-Stellung oder umgekehrt in Zu-Stellung), womit viel kinetische Energie, wegen der geringeren Beschleunigung/Verzögerung beim FM eingespart wird.

Ebenso sind die Wirbestromeffekte wesentlich geringer, wenn elektrisch leitender weichmagnetischer Stoff verwendet wird..

Diese Verweil-Zeit beginnt schon bei KW $\varphi = 0^\circ$, da der PM-Kolben ruht und die KW sich in dieser Zeit bis KW $\varphi = 90^\circ$ weiterdreht und der Pleuel dabei um ΔP_1 verlängert wird.

Bei Verwendung der stationären FM kann die Schaltzeit erheblich verlängert werden - bei klassischer Kurbelschleife bewegt sich der Kolben schon von OT nach Unten, obwohl die maximale Kraft noch nicht erreicht ist.

1.3.7.2 Variable Abstoßungskraft ΔF durch Variation mit Δh

1. Kraft-/Impulserhöhung

Eine weitere dem Basishub h überlagerte Hub-Steuerung mit $\Delta h = \Delta s$ der FM-Dicke s - im Bereich je PM bis max. $\Delta s = s/2$ (Überlagerung (Oberwelle auf Grundschiwingung) auf der Vorrichtung der Basis-Hub-Variation) - bewirkt, dass der Abstand zwischen den PM's (=FM-Dicke s) bis auf $\geq 0,0$ mm verkleinert werden kann, um die maximale Feldkraft der PM's nutzen zu können.

Die Bewegung variiert also im OT-Bereich zwischen $\pm \Delta \varphi^\circ$ KW von der maximalen oberen PM-Kolbenstellung aus.

Diese Δh -Variation setzt voraus, dass

a) der kinematische FM in der Stellzeit entfernt ist (Luftspalt s vorhanden)

b) in der Stellzeit die Abstoßung bei OT durch eine z.B. bistabile Impulsmagnetisierung eines Hilfsmagneten oder Hilfsfeldes momentan neutralisiert ist, bis die PM die OT-Position überschritten haben bzw. der PM-Kolben sich in der KW-Position auf φ' max. 90° KW bewegt hat,

c) die Abstoßung durch einen außenliegenden Feldmodulator geregelt wird, also kein FM-Luftspalt s vorhanden ist.

2. Gleichgewichts-Regelung

Ein variabler Hub mit z.B. einem Knickpleuel, mit Anpassung von Δh zur Regelung des dynamischen Gleichgewichts-Zustandes, kann in folgenden Fällen erfolgen:

a) wenn der FM sehr dünn ist, dann besteht eine große Abstoßung, aber nicht die maximale Abstoßung der PM (dünner FM hat immer noch eine anziehende Komponente),

b) wenn FM sehr dünn und aus weichmagnetischem Stoff plus AL-FM-Schicht zur außengesteuerten anziehenden Wirbelstrom-Kompensation (Induktionsstrom mit entgegengesetzte Polung + Anziehung der PM) ist,

c) etc.

1.3.7.3 Freikolben-Prinzip (ohne neuen KW-Typ).

Durch Verkürzung des Hubes Δh vor Erreichen der OT-Position, also bei $-\Delta \varphi^\circ$ KW, kann der FM schon kurz vor OT (in der neutralen Gleichgewichts-Phase von UT bis OT, FM in ZU-Stellung) entfernt werden (und nicht erst bei oder kurz nach OT), also bevor der PM-Kolben OT bei $\varphi = 0^\circ$ KW erreicht.

Durch diese Hub-Variation kann die kinetische Energie des: [(PM-Kolbens + Pleuel + KW + Schwungrad) + (OT-Kraft der PM's Richtung +h) + (UT-Kraft der PM's Richtung -h) + (Kraft weiterer PM's, die sich in anderem Takt befinden)] ausgenutzt werden, um die PM's ganz dicht an die Polflächen der sich bremsend abstoßenden PM's heranzuführen zu können, ohne dass der FM dazwischen ist.

Somit kann die maximale Abstoßungskraft der PM's - durch die kinetische PM-Energie und Überwindung der maximalen Abstoßung am Umkehrpunkt- genutzt werden.

In diesem kurzen Moment kurz vor OT bis kurz nach OT wird die kinetische Energie der gesamten Schwungmasse etc. durch den sehr kurzen Brems-Impuls der abstoßenden PM-Felder vor OT nicht aufgezehrt (ggf. zusätzliche Kompensation durch anziehendes dynamisches Zusatzfeld eines aktiven FM), sodaß die PM-Kolben kurz nach OT mit maximaler Abstoßungs-Feldkraft beschleunigt werden können.

1.4 Transversal-FKM vs. Longitudinal-FKM

In der longitudinal arbeitenden FKM wird die longitudinale (senkrecht auf den Polflächen) befindliche Kraft-Weg-Kennlinie benutzt - der Hub ist variabel, je nach Polflächenform (Ebene, Konus, Tauchsysteem).

Die kinematische Funktion im Betrieb der FKM entspricht also einer Hubkolbenmaschine, die in verschiedenen Typen (siehe ff.) realisiert werden kann. (Bild 20)

Die transversale FKM unterscheidet sich insofern, weil sich die abstoßenden Magnete immer im gleichen longitudinal-Luftspalt-Abstand befinden, aber die transversale Abstoßungs-Kraft-Weg-Kennlinie genutzt wird - der FM bewegt sich in der kinematischen Version ebenfalls transversal, aber senkrecht zu der Bewegung der PM's, immer in gleicher Pol-Richtung (nicht von + → -) Mit diesem Prinzip lassen sich Transversal-Maschinen als Wanderfeld-FKM's (Translations-Maschinen) und Drehfeld-FM's (Rotations-Maschinen) realisieren - siehe FKM-Typen.

Beim Verschieben des FM muß auf den Gleichgewichtszustand geachtet werden (dynamische, projizierte Flächenschnittmenge der PM-Momentan-Position), so daß sich keine einseitigen Anziehungskräfte auf den FM ergeben.

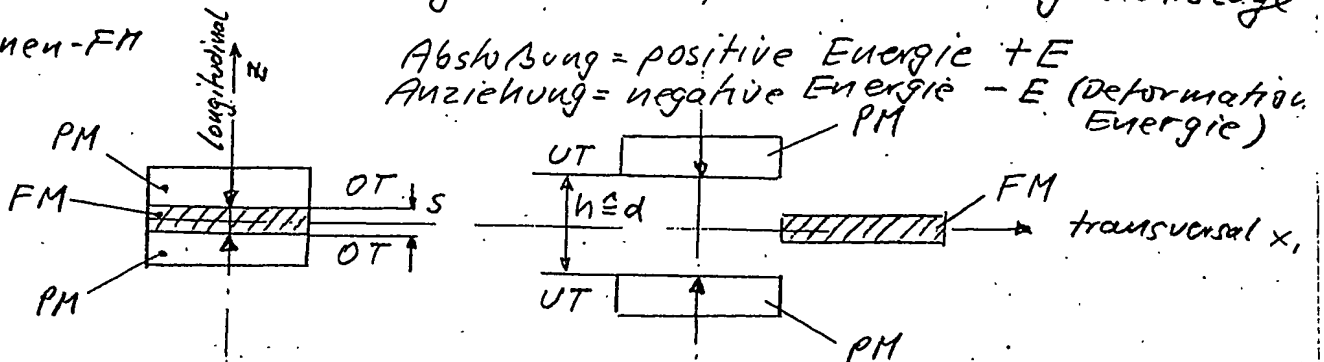
Auch hier kann ein FS bzw. FP verwendet werden, um den Luftspalt mit Feld-Kraftschluß zu überbrücken.

I. IV. Wirkprinzip FKIT-System

62

Bild 1: Innen / außenliegender FM, beide in Gleichgewichtslage

A) Innen-FM



Der FM kann auch $\frac{1}{2}$ geteilt sein wegen Impulserhaltung und kürzere Verschlusszeit.

Feldkraft: $\frac{1}{2}$ für Abstoßung, $\frac{1}{2}$ für PM-FM Anziehung

Außen-FM

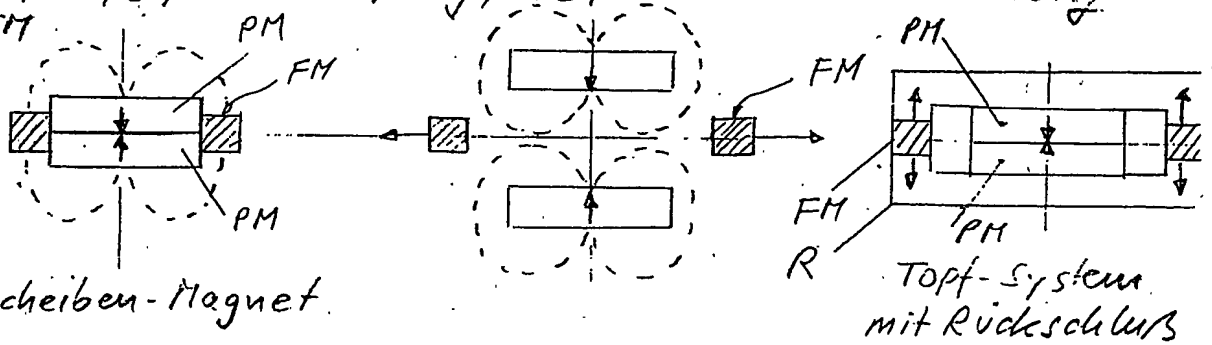
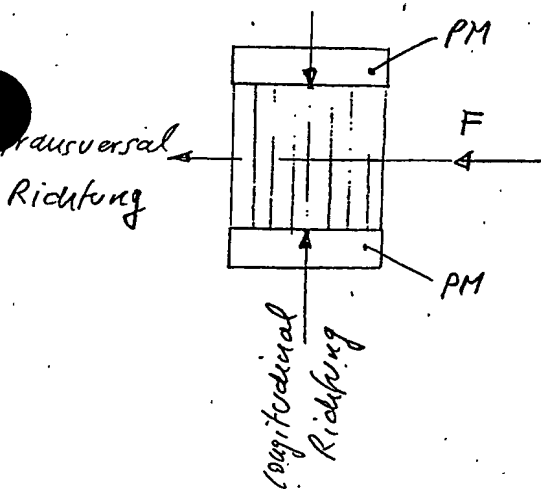


Bild 2: Homogenes Longitudinales Feld transversal schneide



Feldlinien quer schneiden auf Äquipotentialfläche
 \rightarrow keine potentielle Energie!
 F_{trans} wegen nicht strengem homogenem Feld

Bem: bei inhomogenem Feld könnte der FM sich auf getrennten Äquipotentialflächen bewegen.

Bild 3: FM in UT-Position geschlossen

63.

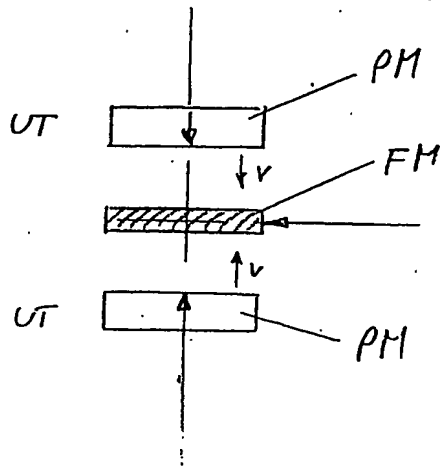


Bild 4:

Rückstellungs-PM

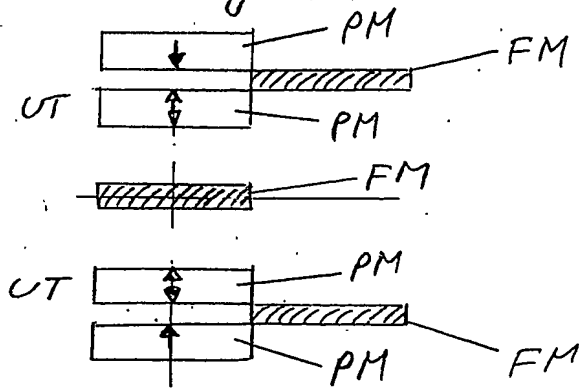
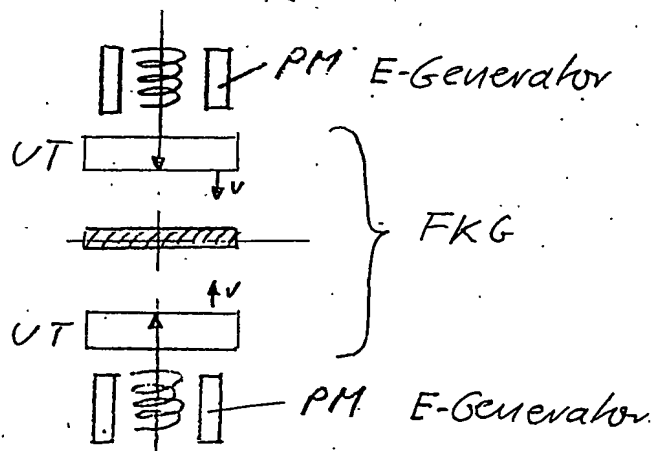
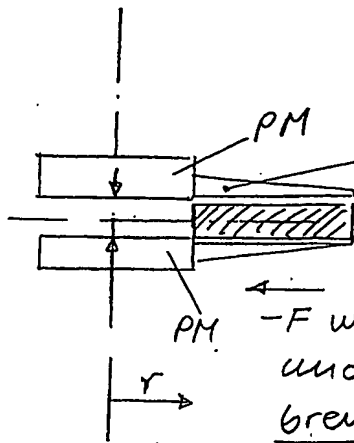


Bild 5: E-Generator (z.B. Wandlerfeld-Linear.)



64



dynamische
Kompensations-
Funktion

$$+F = f(-F(\vec{r}))$$

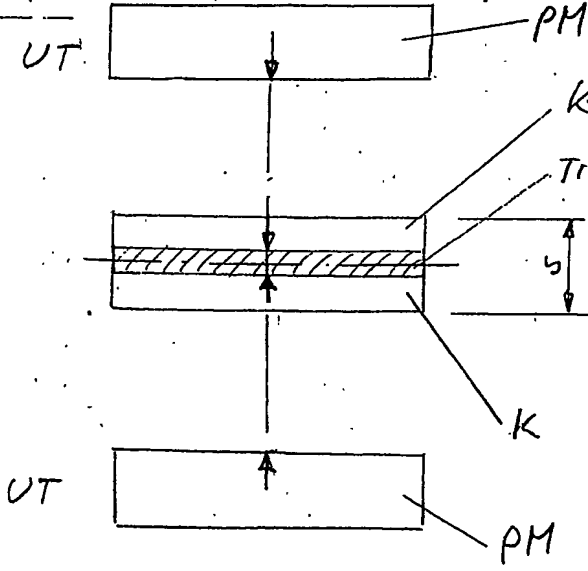
Wirbelstrom-
verlustleistung
proportional der
Blechdicke $\rightarrow \propto S$

Beachte bei hohen Frequenzen

• K₁-Effekt.

-F wegen PM (transversal schwach anziehend) und wegen Wirbelstromkräfte (schwach bremsend bei Oszillation = Dämpfung der Schwingung, Lorentz-Kräfte hemmen die Bewegung auch wenn sich das B-Feld zeitlich ändert).

id 7: Aktiver FM mit dynamischem Kompensations-System



FM

K: Kompensator

- a) Permanentmagnet
parallele Spulenstellung
- statisch -
- b) Spulen: anziehend
- dynamisch -

Anziehung wird durch K verstärkt und/oder dynamisch geregelt (Wirbelstürme, Temperatur)

Bild 8: Stationärer FM, Änderung der Stoffcharakteristik ⁶⁵

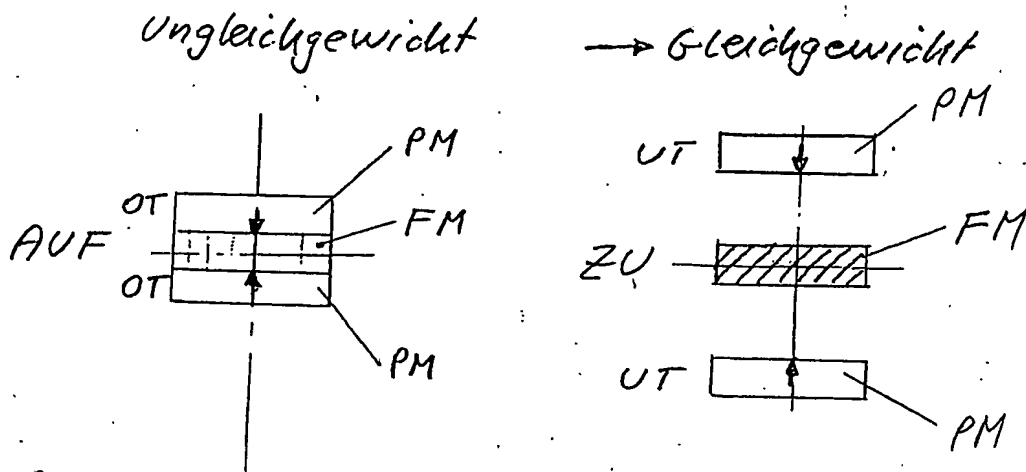


Bild 9: Tunneln von Flußquanten durch FM- "Isolator" = Sperrschicht (nicht magn. Flußquanten leitend), d.h. paramagnetisch wirkend

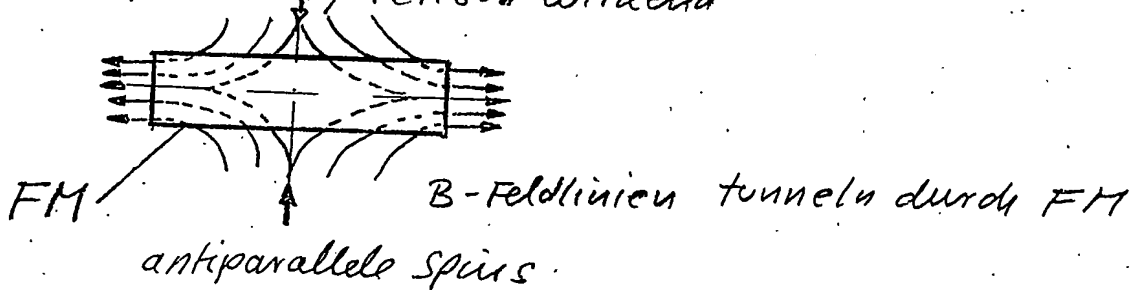


Bild 10 lamellierung

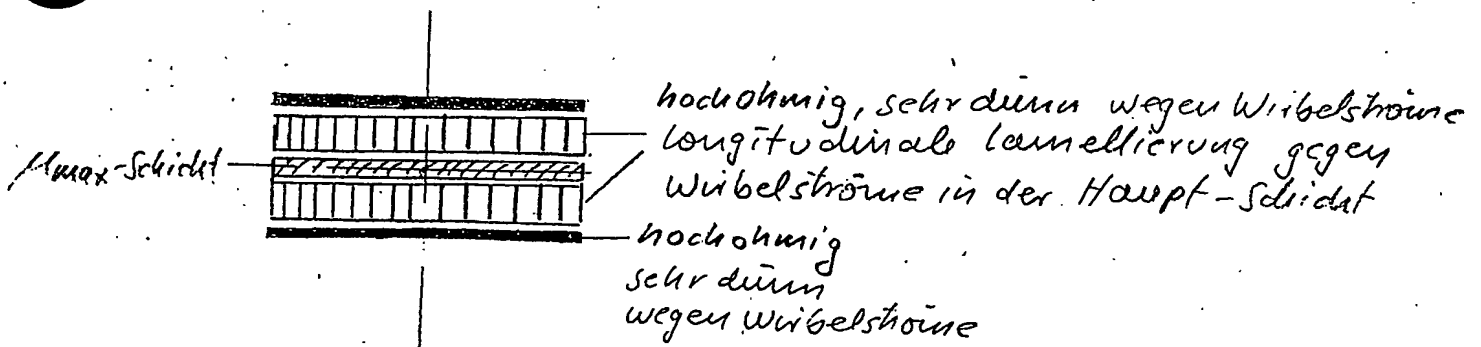


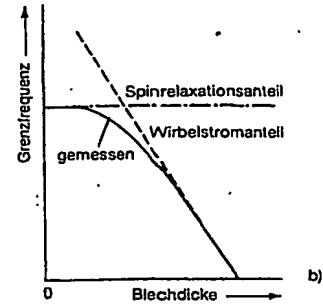
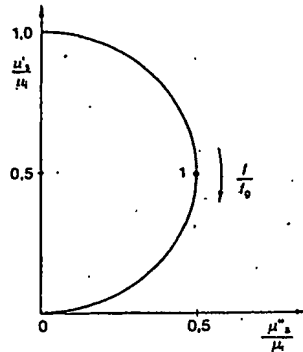
Bild 11: Dynamische Kompensation der Wirbelstrom- 66
(Z-111) Abstoßung und Spürrelaxation (Dämpfung des
Elektronenspins)

$$f_g = 10^4 \cdot \frac{0,8 \dots 1,9 \cdot B_s}{\mu_i}$$

f_g Gyromagnetische Grenzfrequenz in MHz

B_s Sättigungsinduktion in T

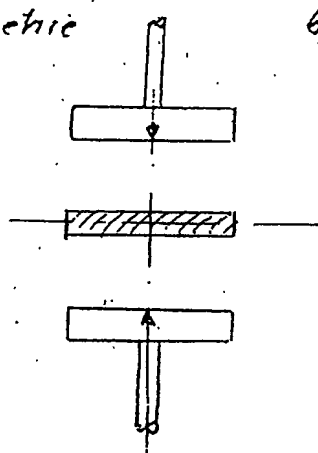
μ_i (Relative) Anfangspermeabilität



Blechdickenabhängigkeit der Grenzfrequenz
und Definition von f_g

Bild 12 Geometrisch offenes oder geschlossenes Gehäuse

a) offene Geometrie



b) geschlossene
Geometrie

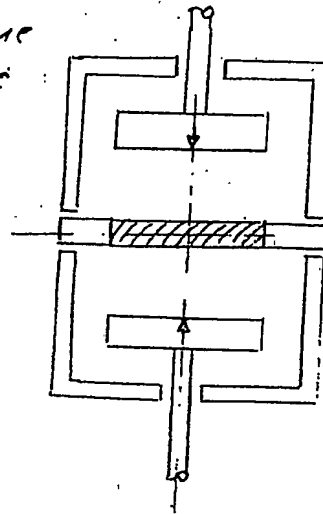
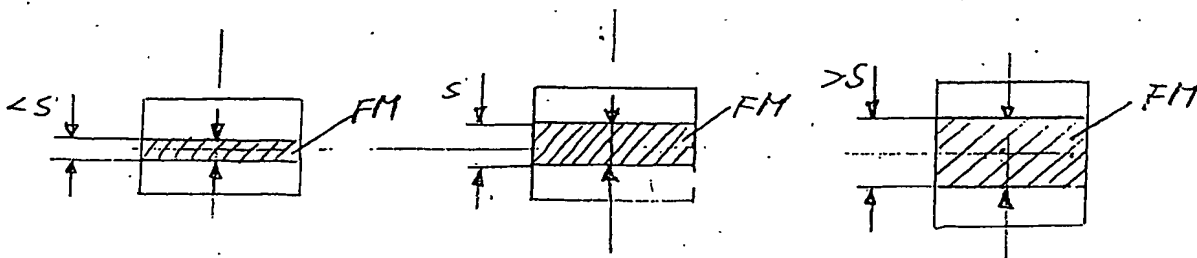


Bild 13: Abstoßung - Gleichgewicht - Anziehung



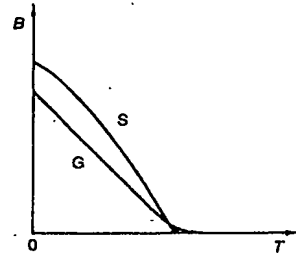
a) stark abstoßend

b) Gleichgewicht

c) stark anziehend

$$+F(PM) - F(FM) = +F \quad +F(PM) - F(FM) = 0$$

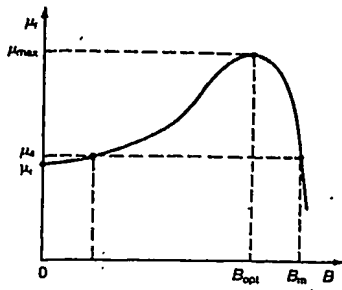
$$+F(PM) - F(FM) = -F$$

$$(2 \dots)$$


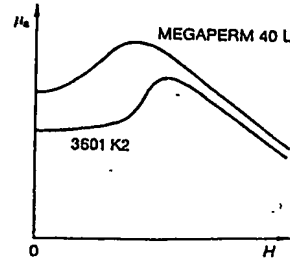
B-T-Kurven von THERMOFLUX

4a) (2-117, 174, 349 (12.74))

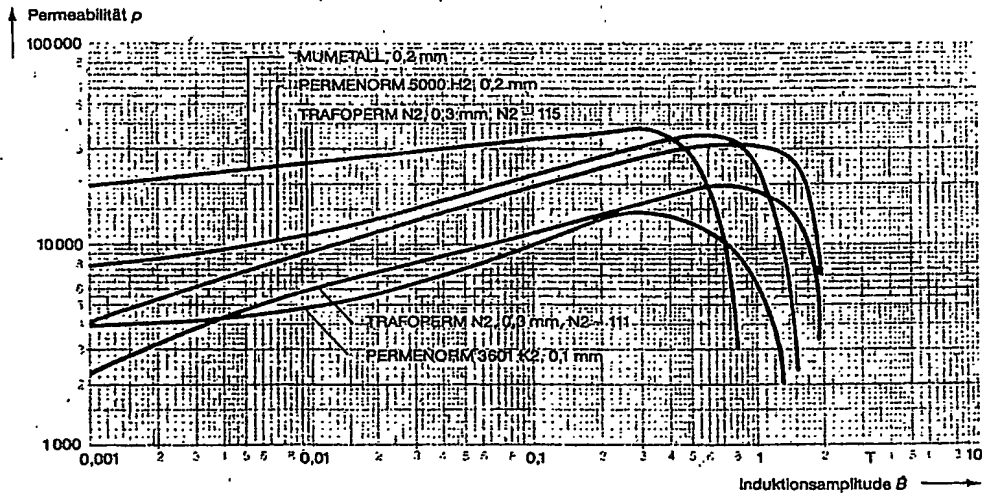
68



Zur Erläuterung des Aussteuerungseinflusses bei Abschirmungen



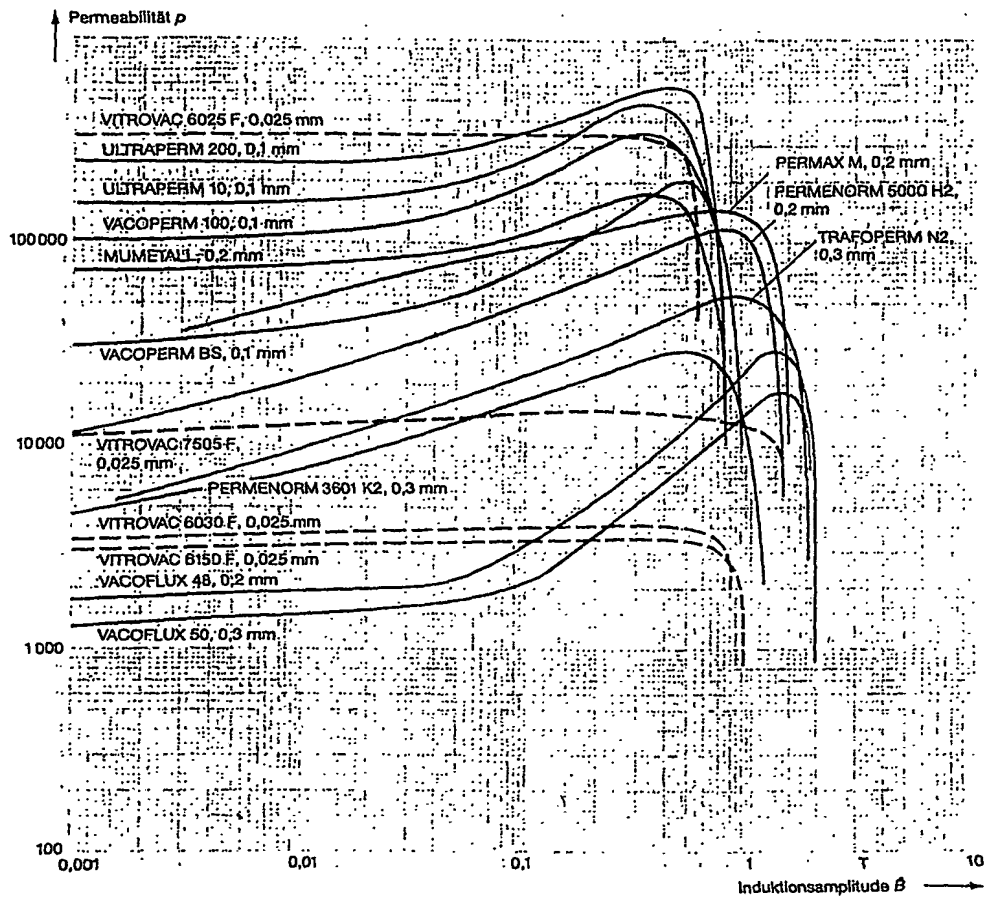
Permeabilitätskurven von PERMENORM 3601 K2 und MEGAPERM 40 L



Permeabilität-Induktion-Kurven $p(B)$ von Schnittbandkernen ($l_{Fe} \approx 20$ cm) bei 50 Hz

14a) (2-307)

69



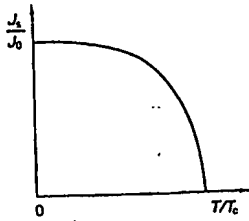
Permeabilität-Induktion-Kurven von Ringbandkernen bei 50 Hz

$$p = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{B}{H_{eff}}$$

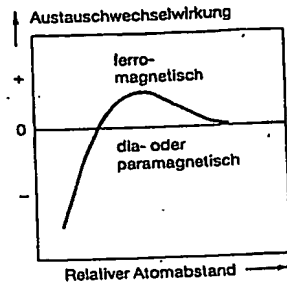
Bild 15:
(2-15)

Schaltung Permeabilität bei T_c
ferromagnetisch-paramagnetisch

70

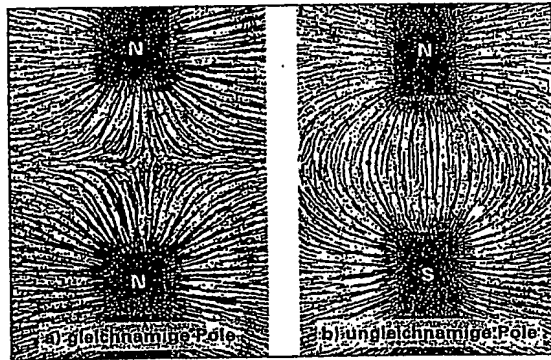


Polarisation-Temperatur-Kurve (normiert)



Bethe-Slater-Kurve

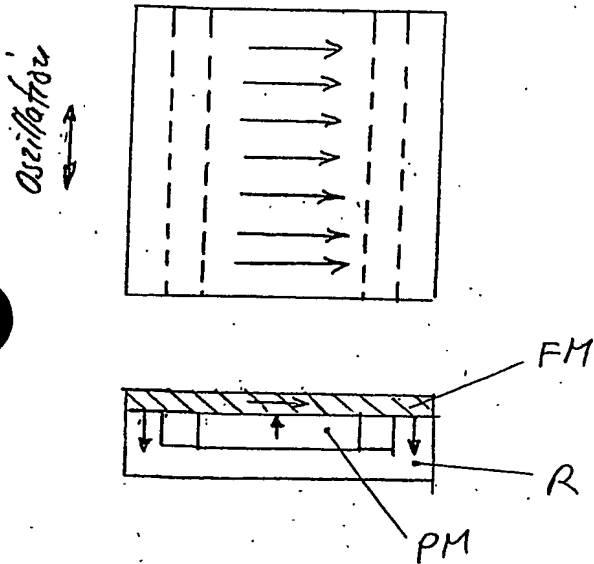
Bild 16: FM-Bewegung im inhomogenen antiparallelen
magn. Spin Felder



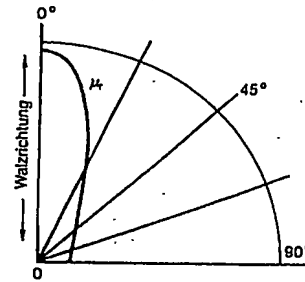
Feldlinienverlauf zwischen Magnetpolen

Bild 17: Kornorientierung

a) Kornorientierung
Richtung Magnetfeld



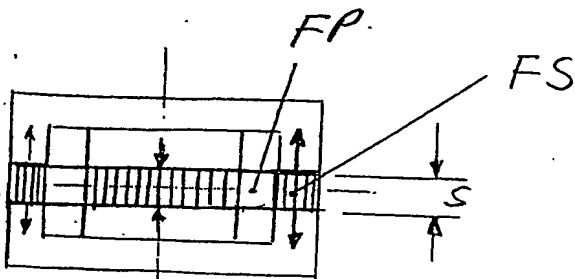
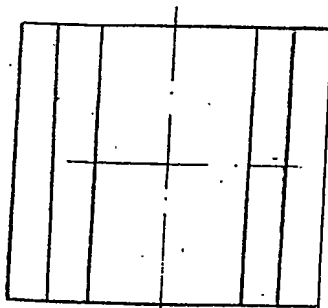
b) Kornorientierung im B6d₄



Richtungsabhängigkeit der Permeabilität bei TRAFOPERM N2

(2-776)

Bild 18: Fußplatte FP und Fußleitsstücke FS



FP: transparent

FS: leitend

Bild 19: a) klassische Kurbelschleife vs.

b) Pleuellängen-Variator (Erfindung)

a) Kurbelschleife

b) Pleuellängen-Variator u. a.

Details siehe bei Translation-Rotation-Wandler

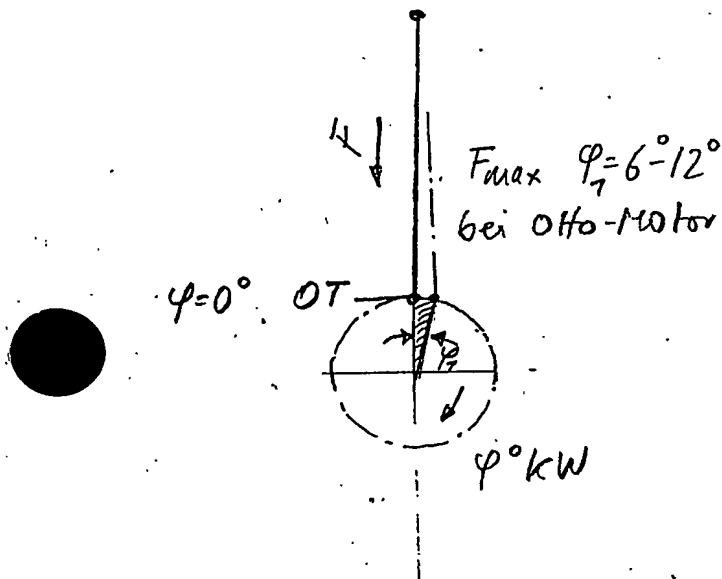
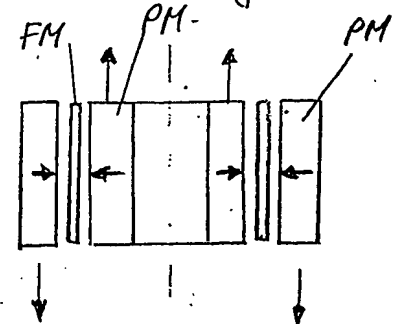
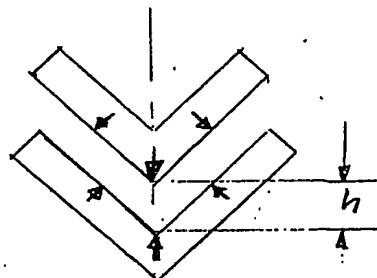
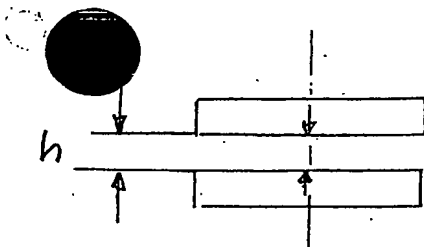


Bild 20: Polflächen-Variation für Kraft-Weg-Modifikation

a) Ebene
UT-Stellung

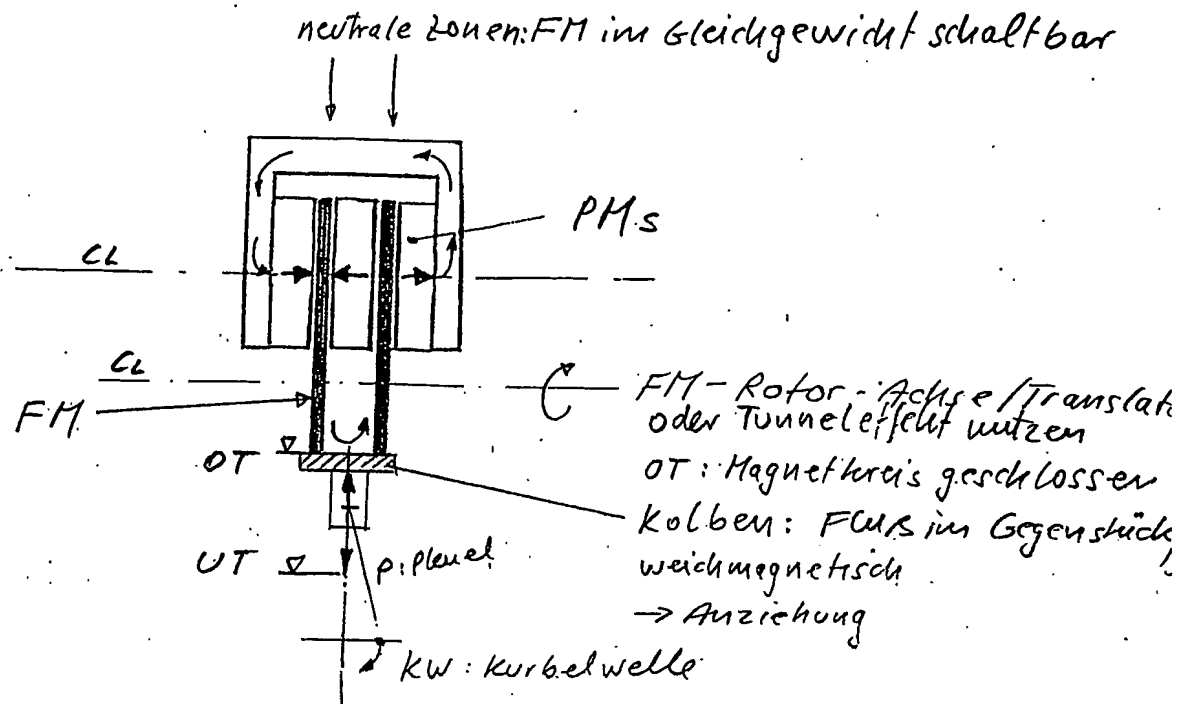
b) Konus
UT-Stellung

c) Tandemsystem
OT-Stellung



Ausführung:
parallele Platten
Ringsystem

ild. 21: Kolben und FMs im Magnetkreis mit Anziehung 73



1.) Anziehung

Das Magnetfeld wird durch die hochleitfähigen, im Gleichgewicht von Anziehung (FM) und Abstoßung (PM) stehenden und schaltbaren FMs, herangeführt, so daß der weichmagnetische Kolben den Magnetkreis schließt: Prinzip Anziehung(!) durch 2 FMs.

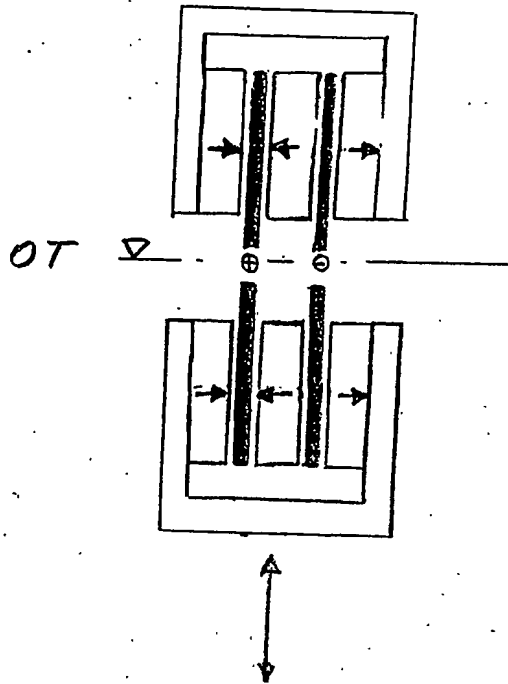
Folge: Die FMs leiten den Magnetfluß ohne physikalische Berührung (sehr kleiner Luftspalt) zum Kolbenboden, ^{300µm} der Luftspalt ist sehr viel kleiner als die FM-Dicke.

Im Gegensatz zu unten liegenden FMs mit Direktabstoßung und Kraftverlust wegen der FM-Dicke - wird bei dieser Lösung die maximale Kraft über den Magnetkreis zum Kolbenboden geleitet (über die FM-Flussleitstücke).

Die bewegte Masse ist viel kleiner als bei den vorhergehenden Lösungen, da die Magnete als Stator fungieren, nur die FMs und der Kolben (Anziehung) bewegen sich oszillierend.
Problem: Tangentielle Trennkraft am Kolbenboden: verringert

2.) Abschabung mit 2 FM-Flussleitenden

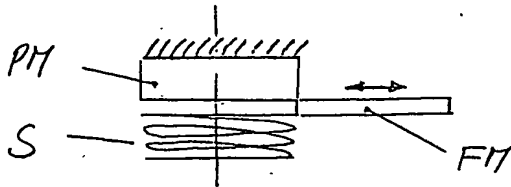
74



3. Ortsfeste PM's

25

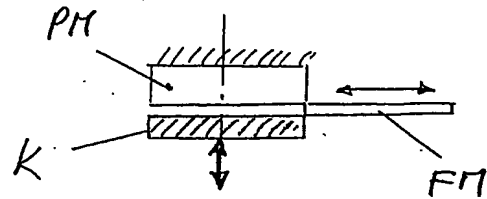
- a) Solid-state, PM ortsfest
stationärer FM oder
kinematischer FM



S: Spule

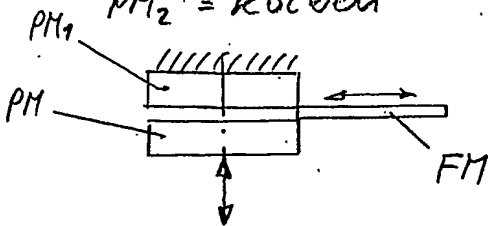
zeitlich sich änderndes
Magnetfeld induziert
elektrisches Feld \rightarrow Strom

- b) Anziehung Kolben K
PM ortsfest
stationärer o. kinem. FM



K: Kolben = weichmagn. Stoff

- c) Abstoßung
PM₁ ortsfest
PM₂ = Kolben



Bem: longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie
bei OT im Gleichgewicht,
bei UT ist Verhältnis longitudinal
zu transversale Kraft-Weg-Kennlinie
immer noch > 1 , trotz asymmetr.
FM-Position

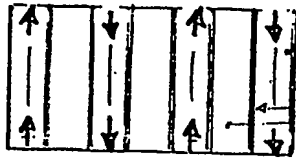
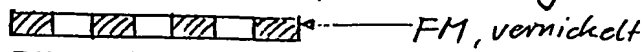
Beachte Planellängen-Variator:

Bei OT: FM öffnen ohne K-Bewegung \rightarrow in Gleichgewichts-Position
UT: FM schließen ohne K-Bewegung \rightarrow FM in asym. Position

Bild 22: Magnet-Batterie

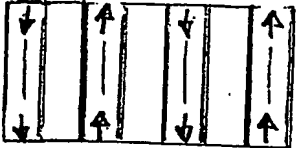
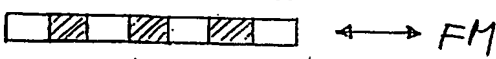
1.) Innen-FM und Magnetisierung in der Höhe

Zu: Gleichgewicht

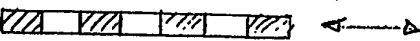


Trennung: elektr. Nichtleiter
(Kunststoff, Glas, Keramik)

Auf: Abstoßung

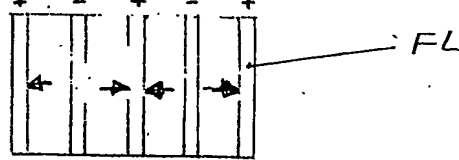
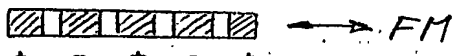


Zu: Gleichgewicht

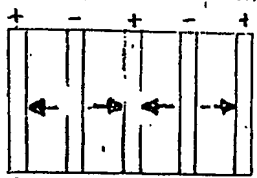
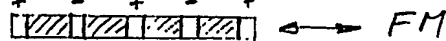


2.) Innen-FM und axiale Magnetisierung + Flußleitmaterial (FL)

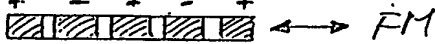
Zu: Gleichgewicht



Auf: Abstoßung



Zu: Gleichgewicht



3.)

I.V Wirkprinzip & Design Magnete / Elektrete

**Offener Permanent-Magnetkreis / -Elektretkreis /
Supraleiter-Magnetkreis**

1. Design

1.1 Permanent-Magnet PM, Permanent-Elektret PE, Permanent-Supraleiter-Magnet (PS)

1.1.1 Prinzip

Die Betrachtungen gelten für Ferromagnetische, Ferrimagnetische, Ferroelektrisch und Ferrielektrische Stoffe.

Ferrimagnetische Stoffe haben einen sehr hohen spez. elektr. Widerstand, allerdings ist die Energiedichte wesentlich niedriger als bei ferromagnetischen Stoffen.

Für die nachfolgenden Betrachtungen sind die ferro-/ferrielektrischen Stoffe (PE) in den Wirkprinzipien den ferromagnetischen Stoffen (PM) gleichsetzbar.

Ebenso können HTSL-Magnete (Typ 3) eingesetzt werden. wir benutzen in den nachfolgenden Erklärungen die Begriffe des PM-Prinzips.

Wir unterscheiden:

a) Das Elektrodynamische Prinzip:

Das Elektrodynamische Prinzip basiert auf der Kraft auf bewegten Ladungen bzw. auf stromdurchflossenen Leitern im magnetischen Feld (Lorentz-Kraft), erzeugt durch eine Spule oder Permanentmagneten.

Kraft auf bewegte Ladung $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$

b) Das Elektromagnetische Prinzip:

Das Elektromagnetische Prinzip nutzt die Anziehungskraft zwischen ferro/ferrimagnetischen Teilen unter dem Einfluß des magnetischen Feldes, erzeugt durch eine Spule oder Permanentmagneten.

Kraft zwischen den Polflächen $F = B^2 \cdot A / 2\mu_0$

Ergebnis: Ein wesentlicher Unterschied liegt in der unter technisch realisierbaren Bedingungen erreichbaren Kraftwirkung. Sie ist unter gleichen Bedingungen beim elektromagnetischen Prinzip um den Faktor 40 größer.

In der FKG und FKE werden magnetische Impulse (Stoßwellen) erzeugt, die die dynamische Kraftentfaltung und das Drehmoment gegenüber konventionellen E-Maschinen erheblich verbessern, wenn die PM bzw. PE, PS erfindungsgemäß ausgelegt werden.

1.1.2 PM-Design

Das Design hängt von verschiedenen Parametern in nachfolgender Rangfolge ab:

1. Magnetwerkstoff
2. Charakteristik, Kennlinien des PM-Typ: Entmagnetisierungskurve, Induktion B_r , maximales Energieprodukt $(BH)_{max}$, Koerzitivfeldstärke H_{cJ} bei T, Curie-Temperatur T_c , Arbeitspunkt auf der Entmagnetisierungskurve mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$

1.2 Topf-Rückschluß, Topf-Polschuhe

Werkstoffwahl: je dünner die Gesamt-Dicke d des Topf-Bodens (Rückschluß) um so besser, d. h. hohe Permeabilität und Sättigung, angepaßt an

PM-Induktion $B[T]$, je nach Magnet B_r (große Flußdichte/mm² + kleines Eigengewicht).

Beachte stark nichtlineare Permeabilität-Induktion-Kurven + Aussteuerung bei μ_{\max} B_{opt} und den Zusammenhang mit der Blechdicke etc., siehe

FM-Beschreibung.

Bei der Konstruktion ist zu beachten, daß die weichmagnetischen Teile im Kreis nur solange einen kleinen magnetischen Widerstand haben, wie sie noch Fluß aufnehmen können, also noch nicht gesättigt sind (Aussteuerungskurve)

Die Kennzahl ist die differentielle Permeabilitätszahl

$$\mu_{\text{diff}} = dB/d(\mu_0 H).$$

Bei genaueren Berechnungen muß die Feldabhängigkeit $\mu_{\text{diff}}(H)$ berücksichtigt werden.

2.0 Koerzitivfeldstärke

2.1 Randbedingungen

Je höher die Koerzitivfeldstärke des PM, um so geringer die Gefahr der Entmagnetisierung. Siehe:

a) Arbeitspunkt und

b) Entmagnetisierungs-Kennlinien $B(H)$ und $J(H)$ bei verschiedenen Temperaturen.

Test: gleichpoliges Aufeinanderlegen der Polflächen (= Repulsion) ohne Entmagnetisierung bei Dauerbelastung (statisches Gleichfeld bis Wechselfeld (FKG: 0 Hz - 300 Hz = 0 - 18000 Umdrehungen pro Minute)) im Temperaturbereich des PM.

Geometrieabhängige Scherung: Entmagnetisierungs-Faktor $N = 1$

Bei gleichem Energieprodukt und Entmagnetisierungsfaktor $N = 1$, können Magnete mit höherer Koerzitivfeldstärke flacher und damit leichter werden.

2.2 Auslegung

Berechnung der zugehörigen Mindest- Koerzitivfeldstärke für die angegebenen Neodym-Magnete. Beachte geometrieabhängigen Entmagnetisierungsfaktor $N = 1$ und Form der Entmagnetisierungskurve und Temperatur.

Berechnungsschritte der Dimensionierung:

1. PM im eigenen entmagnetisierenden Feld, $N = 1$
2. Entmagnetisierungsfaktor $N = 1$, eigen- + fremd-entmagnetisierendes Feld
3. Abstand h des fremd-entmagnetisierenden Feldes ("Quelle") mit vollem B_r

4. Abstand entmagnetisierende "Quelle" $h = 0,05 + s + 0,05$, bzw. $h = 0,1 + s + 0,1$
5. PM mit $1/2$ der Remanenz + $1/2$ fremd-entmagnetisierendes Feld. ("Quelle")

2.3 Fremd-entmagnetisierendes Feld / Koerzitivfeld

2.3.1 Repulsion

Das fremd-entmagnetisierende Feld des Gegen-PM hat die gleiche Feldstärke wie das eigen-entmagnetisierende Feld und bewegt/oszilliert sich mit einer Frequenz von 0 (statisch) bis max. 300 Hz (0 - 18000 Umdrehungen pro Minute) entweder longitudinal oder transversal - relativ zum Basis-Magneten.

2.3.2 Magnet-Arbeitspunkt

Wenn das fremd-entmagnetisierende Feld des Gegen-PM im Abstand $h_0 = 0$ mm zum PM wirkt, so muss der PM entweder mit

- a) mit $1/2$ der Remanenzinduktion B_r aufmagnetisiert sein (ist dann auch stabil), wenn die Koerzitivfeldstärke des PM nicht ausreicht, sonst ist er wegen der maximal zulässigen Koerzitivfeldstärke nicht stabil und wird sofort entmagnetisiert.

Daraus folgt F_{\max} mit $1/2 B_r$ im Abstand $h_0 = 0$ mm, oder

- b) die Koerzitivfeldstärke reicht und der PM ist $1/1 B_r$ aufmagnetisiert, oder

- c) die Koerzitivfeldstärke ist zu klein und der Gegen-PM hat einen Abstand und Feldkraft mit F_{opt} bei h_{opt} .

Beim Abstand h_{opt} des Gegen-PM kann die volle Aufmagnetisierung des PM erfolgen, ohne dass ein gleich starkes entmagnetisierendes Gegenfeld im Abstand h_{opt} den PM entmagnetisiert.

Daraus folgt F_{opt} mit $1/1 B_r$ bei h_{opt} .

2.2.3 Betriebs-Temperatur

Auslegung Betriebstemperatur bei -50°C bis 70°C

Ohne Temperaturregelung beachte Entmagnetisierung-Temperatur-Kurve und Feldkraft -Minderung.

3.0 Kraft/Gewicht-Optimierung des PM

3.1 Luftspaltinduktion

Bem.: B_m bzw. B_l : magnetische Flußdichte im Magnetvolumen bzw. in Luft.

Zitat (4-309):

"1. Die Scherungsgerade ist unabhängig vom Werkstoff, sie hängt nur von der Geometrie des Magneten ab.

2. Die im Luftspalt zur Verfügung stehende magnetische Flußdichte B_l ist proportional zum Magnetvolumen und zum $(BH)_m$ -Wert. Dies bedeutet, daß bei hohem $(BH)_m$ -Wert das Magnetvolumen klein gewählt werden kann.

Der optimale Arbeitspunkt wird dort liegen, wo BH maximal ist, d.h. wo sich der $(BH)_{\max}$ -Wert und die Scherungsgerade schneiden. Dann kann die höchste Luftspaltinduktion bei kleinstem Magnetvolumen erreicht werden. Beachte magnetische Formanisotropie mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$."

3.2 Gesamt Haftkraft

Es wird eine Haftkraft F von min. 30.000 N bei -50°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ (50°C) bei einer Feldbatterie (FB) benötigt (vgl. Kraft/Druck auf Kolbenboden bei Ottomotor: 60 bar Verbrennungsdruck \rightarrow bei \varnothing 80 mm 30156 N; $A = 50,26 \text{ cm}^2$; 1 bar = 10 N/cm²).

Struktur der Permanent-Feldbatterie (FB)

Die FB kann durch Aneinanderreihung vieler Zellen-Magnete zu einer Magnet-Gruppe und mehrere Magnet-Gruppen zu einer Magnet-Matrix (z.B. Dreiecks-Netz, wie bei Supraleiter = dichteste Packung mit im Winkel dazu kinematisch oszillierenden FM, oder in x-y-Richtung mit orthogonaler FM-Oszillation) in einer Ebene und danach zu in einem Kaskadenaufbau (Schichtenaufbau in z-Richtung) mit vielen solchen Magnet-Matrizen zu einer Magnet-Batterie zusammengesetzt werden.

So erhalten wir eine sehr große optimierte Kraft auf kleinem Raum mit kleinem Gewicht. Die Addition der Haftkraft solcher PM-Pakete erbringt wesentlich mehr Haftkraft als ein gleich schwerer einzelner PM.

3.3 Rückschluß + Polschuh

\rightarrow Zusatz-Gewicht:

Die Masse des Rückschlusses für den Topf und die Polschuhe bringt zusätzliches Gewicht, erhöht jedoch nicht $(BH)_{\max}$. Folge: Geigneter Werkstoff mit entsprechend hoher Permeabilität + Sättigung, d.h. dem PM-Fuß angepaßt Flußdichte/mm² zur Reduktion der Wanddicken / Gewicht (\rightarrow Aussteuerung μ_{\max} , B_{opt}): die Wanddicken sind der

Flußdichte/mm² variabel anzupassen.

Beachte verschieden nichtlineare μ -B-Kennlinien bei verschiedenen dicken Blechen derselben Legierung der gleichen Charge, sowie Blechdicke und Blechform.

Werkstoffe:

- a) Ferromagnetisch CoFe (VAC Vacoflux 48), Einkristalle mit Kristallanisotropie (z.B. Co) zur gerichteten Flußleitung, Bikristalle 3%SiFe, 6,5%SiFe, CoFe mit 47-50% Co
- b) Amorphe Ferromagnetika mit sehr hohem μ
- c) Ferrimagnetika

Vorgehensweise:

1. Bestimme $B[T]$ an der Polfläche (bzw. an der Haftfläche im Abstand Δs) und dann suche
2. das dazu passende μ_{\max} (\rightarrow Aussteuerung μ_{\max} , B_{opt}).

3.4 Optimierung

3.4.1 1. Optimierungsschritt:

3.4.1.1 Haftmagnet:

Die Anziehungskraft = Haftkraft F soll maximiert werden bei Minimierung des Eigengewichtes bei einem Luftspalt von $d_0 = 0$ mm und Entmagnetisierungsfaktor $N \approx 1$, bei Einsatztemperatur (20°C) in $B(H)$ -Kurve, da das entmagnetisierende Eigen- und Fremdfeld (Repulsion) vorhanden ist. Also nicht: Magnetabmessung/Kraft/Gewicht bei Luftspalten d größer 0 mm! Ausserordentlich wichtig: Optimum der Haftkraft in z-Richtung (longitudinal) zu Eigengewicht wegen der bewegten Masse des PM und der dafür notwendigen kinetischen Energie (oszillierende Beschleunigung/Verzögerung bei den Totpunkten der Kurbelschleife (OT/UT):

- a) um den Magneten oszillieren zu lassen,
- b) Transportgewicht im Flugzeug, Satellit, Auto, etc.

Beachte: konstante Flußdichte B/mm^2 + variable Wanddicken in Bodenform (Mitte PM = Null) + Polform (siehe 3.3 Rückschluß + Polform).

Der Magnet wird dann später in der FKM als offener Magnetkreis mit großen Luftspalten von $d=0$ bis $d=1,0 D$ und ggf. bis max. $d=1,5D$ betrieben; beachte dann große Scherung (D = wirksame PM-Diagonale in der Polfläche).

Distanz $h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$ [mm]:

- Distanz h_0 = Polfläche
- Distanz h_1 = 0,05 bzw. 0,1 mm
- Distanz h_2 = Wendepunkt WP auf der Kraft-Weg-Kurve,
- Distanz h_3 = 1,0 D
- Distanz h_4 = 1,3 D
- Distanz h_5 = 1,5 D

3.4.1.2 Joch / Feldmodulator-Scheibe

Ein Joch als Feldmodulator schließt den magnetischen Kreis ohne Gegen-PM. FM-Joch-Dicke s wählen bis die Sättigung erreicht ist:

1. Zunächst bei $s = 10$ mm zur Bestimmung der Haftkraft: Alle Feldlinien im Joch mit Dicke s bei einer Anfangspermeabilität μ_i (Amplitudenpermeabilität bei verschwindend kleiner Feldstärke bzw. Induktion).

Geigneter Werkstoff mit entsprechend hoher Permeabilität + Sättigung, d.h. dem PM-Fuß angepaßt Flußdichte/ mm^2 zur Reduktion der Wanddicken / Gewicht (+Aussteuerung μ_{max} B_{opt}): die Wanddicken sind der

Flußdichte/ mm^2 variabel anzupassen.

Beachte verschieden nichtlineare μ -B-Kennlinien bei verschiedenen dicken Blechen derselben Legierung der gleichen Charge, sowie Blechdicke und Blechform.

Werkstoffe:

- a) Ferromagnetisch CoFe (VAC Vacoflux 48), Einkristalle mit Kristallanisotropie (z.B. Co) zur gerichteten Flußleitung, Bikristalle 3%SiFe, 6,5%SiFe, CoFe mit 47-50% Co
- b) Amorphe Ferromagnetika mit sehr hohem μ
- c) Ferrimagnetika

Vorgehensweise:

- 1. Bestimme $B[T]$ an der Polfläche (bzw. an der Haftfläche im Abstand Δs) und dann suche
- 2. das dazu passende μ_{\max}

FM-Joch-Maß: 10% größer als PM-Diagonale ($=D+0,1 D$), offene Geometrie. Optimierung:

- a) Das Joch wird später in einem weiteren Optimierungsschritt in der Dicke minimiert ($<s$ = Wirkung als Feldmodulator) siehe FM-Typ und FM-Optimierung.
- b) Danach Bestimmung der longitudinalen und transversalen Kraft-Weg-Kennlinie für die dünne strukturierte FM-Scheibe mit $|<s|$.

3.4.1.3 Kraft-Weg-Kennlinie

- a) Kraft-Weg-Kennlinie in z-Richtung (Longitudinalrichtung = senkrecht zur Magnetfläche) bis Abstand
 $h = 1,0 D - 1,3 D - 1,5 D$ des PM (D = PM-Wirkungsabmessung)

Darstellung in Kennlinie in [Nmm] und [%mm] (% ermöglicht besseren qualitativen Vergleich sowie Gegenüberstellung in Tabelle der PM-Design-Typen mit den Daten:
Design-Typ, Haftkraft F , Haftlast H , Gewicht G , Ratio V .

- b) Kraft-Wege-Kennlinie in x/y-Richtung (Transversalrichtung = parallel zur Magnetfläche) in beide transversale Achsrichtungen x, y (wegen Bewegung parallel oder senkrecht zum Fluß zwischen den PM-Magnetpolen eines PM). Darstellung der Kennlinie in [Nmm] und [%mm].

3.4.2 2. Optimierungsschritt:

Verbesserung der Kraft im Abstand h durch geringe Modifikationen des PM-Basisdesigns: Die Kraft soll möglichst weit in den Luftspalt und nicht so stark abfallend wirken: maximal bis zum Abstand $h = 1,0 D$;
Option $h=1,3 D - 1,5 D$. D.h. es soll der Felddurchgriff Richtung h optimiert werden ($F = f(h)$ flacher):

Nach dem Design der PM-Grundform erfolgt das Design der Oberflächenkrümmung = Magnetkrone optimieren (magn. Brechungsindex) und/oder analytische Form (Feldkonzentration, etc.) für weiter in Richtung z wirkende Feldlinien $\rightarrow F = f(h)$ flacher.

a) Poloberflächen-Form mit analytischen Flächen,

Optimierung der PM-Polfläche und Topf-Polschuhe

Die Gestaltung der Polschuhe richtet sich nach den Anforderungen an das Feld im Luftspalt.

Zur Feldkonzentration verwendet man einen Konus, Kegelstumpf-Pole oder Material mit möglichst hoher Sättigungsmagnetisierung, angepaßt an das Feld des PM (Aussteuerung beachten).

Zur Erzielung eines möglichst homogenen Feldes werden Flachpole etwas konkav ausgebildet oder mit einem Randwulst (bzw. mit aufgesetzten Weicheisenringen bringen Zusatzgewicht) versehen."

b) PM-Poloberflächen-Brechung

Brechung: magnetischer Brechungsindex ermöglicht auf der Polfläche steilere Feldlinien (Richtung homogenes Feld), d.h mehr Kraft in z-Richtung; Polfläche ist asphärisch geformt (Analogie zu Korrekturlinse bei Schmidt-Spiegel).

c) PM innere Kornorientierung (Korn- bzw. Domänen-Orientierung)

Kornorientierung im PM entlang der konvexen Feldlinien des Magnetisierungsfeldes (beim Herstellungsprozeß)

→ Verlagerung des Kraftmaximums (Konvergenzzentrum) = Flußkonzentration weiter vor die Magnetpolfläche mit F bis + 20%.

Bei HR-Typen nicht möglich, nur bei TP und AP, da diese im Feld gepresst werden; alle Magnete haben Kristall-Textur.

3.4.3 3. Optimierungsschritt:

Magnetabmessung etc. bei Luftspalt $d = 0,05$ u. $0,1$ mm Bewegungsabstand. Sind die Maßabweichungen (größerer Durchmesser) signifikant?

3.4.4 4. Optimierungsschritt

Wirkungserhöhung für Kraft in longitudinaler Kraft-Weg-Kennlinie:

- a) Tauchspulen-Konzept verlängert den Hub bzw. die Kraft-Weg-Kurve wird flacher durch Gestaltung der Konus- / Zylinder-Form des PM-Wirkungsfeldes und/oder
- b) PM-Polschuhe in longitudinaler Richtung statt weichmagnetische Polschuhe einbauen (bei gleichem Gewicht mehr Kraft).
- c) Abstand der Polschuhe transversal vergrößern: erhöht erheblich das Gewicht, reduziert erheblich das Verhältnis V , bringt aber großen Felddurchgriff in longitudinaler Richtung
Der Polschuh-Abstand verbessert den Felddurchgriff / Kraft in Richtung Abstand h (auch Flußleitstücke verwendbar).

- Wirkungerniedrigung in transversaler FM-Bewegungsrichtung,
- Wirkungerhöhung bei Transversal-Maschinen in Richtung der transversalen PM-Bewegung (oder auch bei Transversal-Hubmaschinen verwendbar).

3.4.5 Vergleich longitudinale mit transversaler Kraft-Weg-Kennlinie

Das Ergebnis zeigt den Unterschied der Integrale als Energie- / Wirkungsdifferenz.

Das beste Design besteht in der größten Differenz zwischen der longitudinalen Kennlinie für die PM-Bewegung und der transversalen Bewegung für die FM-Bewegung.

3.5 Ergebnis-Bericht

3.5.1 Grafik

Design und Parameter in 2D oder 3D-Zeichnung (in Farbe)

3.5.2 Diagramme und Kurzbeschreibung:

Longitudinal- + Transversal-/radialkraft mit Funktionsverlauf:

Achtung: Scalierung in allen Diagrammen gleich wählen, so das die Kurven verglichen werden können (auch ineinanderkopieren in einem Diagramm, insbesondere der Kraft-Weg-Kurven)

1. Variation des PM-Länge-zu-Querschnitt-Verhältniss

Dependence of the force on the magnet shape: Force [N,%] - rpm [mm]

2. Variation der Topf-Boden-Abmessung

Dependence of the force on the yoke size:

a) Force [N,%] - ryk [mm]

b) Force per unit area $F/\pi r^2$ - ryk [mm]

3. Variation des Volumens vom PM-Material

Dependence of the force on the volume of magnet material

a) Force [N,%] - Vol pm [mmc]

b) Force per unit volume of permanent magnet material F/V_{pm} [N/m³]

4. Variation der Pol-Dicke

Dependence of the force on the thickness of the poles

Force [N,%] - zy_k [mm]

5. Einfluß der Luftspalt-Länge in bezug auf die Kraft

a) Dependence of the force on the air gap lenth

Force [N,%] - Air gap [mm]

1. Direction vertical to the magnet surface

2. Direction transversal to the magnet surface (direction x, y)

b) Magnetic flux lines for the design type configuration with an air gap of distance $h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$ [mm];

distance h_0 = Polfläche

- distance $h_1 = 0,05$ bzw. $0,1$ mm
- distance $h_2 =$ Wendepunkt WP auf der Kraft-Weg-Kurve,
- distance $h_3 = 1,0$ D
- distance $h_4 = 1,3$ D
- distance $h_5 = 1,5$ D

6. Diagramm: Hystereseschleifen mit Luftspalteinfluß und Scherung für Luftspalte $d=h_0 - h_5$, [1-50]

3.5.3 Tabelle für jeden Design-Type:

a) Geometrische Dimensionierung: Luftspalt-Länge d [mm],
Magnet-Abmessungen
Länge, Breite, Höhe
Topf-Boden-Abmessung
Polschuh-Dicke

b) Haftkraft F [N] 100% = Luftspalt $d = 0$ mm, Haftlast H [kg]/9,81 [kgm^{s-2}]
Haftkraft F [N],
Haftlast H [kg],
Eigengewicht G [kg],
Optimierungs-Verhältnis $V=H/G$
Querschnittsfläche A [mm],
Verhältnis Kraft zu Fläche F/A [N/m²]

c) Kraft-Weg-Kennlinie in Longitudinal-Richtung [Nmm, 100%mm]

d) Kraft-Werte im Abstand $h = 1,0$ D und $1,3$ D - $1,5$ D der PM-Basisabmessung und Optimierungen

e) Kraft-Weg-Kennlinie in Transversal-/Radial-Richtung [Nmm, 100%mm]
Kraft im transversalen/radialen Abstand bis über die Jochgrenze bzw. Magnetgrenze = $1/2$ Magnetabmessung $D/2 + 5\%$

f) Vergleich Longitudinal- mit Transversal-Kennlinien in allen Achsen
Integral-Auswertung für Kraft-Weg-Integral- / Energie-Vergleich (vgl. 3.54.5)

3.5.4 Appendix: Equivalent Magnetic Circuit for the Design type

Geometric Design with parameters
Magnetic circuit (magnetischer Ersatz-Schaltkreis)
Geometry and materials
Magnetic Reluctance of a type ... (Trapezoidal) Volume
Equivalent magnetic circuit
Magnetic Flux and Electromagnetic Force
Maximum Magnetic Flux Densities in the Iron Parts

Anhang 1

Zeichnungen Magnet-Design

Inhaltsverzeichnis

4.0 Permanent-Magnet- und Magnetkreis-Design incl. FM

4.1 Referenzmagnete ohne Rückschluss

4.1.1 Runder Scheiben-Magnet ohne Topf = Referenzmagnet

4.1.2 Quadratischer Scheiben-Magnet ohne Topf = Referenzmagnet

4.1.3 U-Magnet ohne Mantel = Referenzmagnet

4.1.3.1 Torus-Magnet

Variante A: zylinderförmig

Variante B: scheibenförmig

4.1.3.2 Runder U-Magnet

4.1.3.3 Quadratischer U-Magnet

4.1.3.4 Quadratische U-Zeilenmagnet

4.1.3.5 Rechteckiger U-Zeilenmagnet

4.1.3.6 Rechteckiger U-Spaltenmagnet

4.1.4 Ringmagnet

4.2 Magnete mit Rückschluss

4.2.1 Topfmagnete

4.2.1.1 Referenzmagnet: siehe Datenblatt Fa. Schallenberger

4.2.1.2 Runder Topfmagnet

4.2.1.3 Quadratischer Topfmagnet

4.2.1.4 Quadratische Zeilen-Topfmagnet

4.2.1.5 Rechteckiger Zeilen-Topfmagnet

Variante A: Lang-Optimum

Variante B: Kurz-Optimum

4.2.1.6 Rechteckiger Spalten-Topfmagnet

4.2.1.7 Ring-Topfmagnet

4.2.2 2/3/5er-Topfmagnet

4.2.2.1 Design in einer Ebene (großer Felddurchgriff Richtung h)

4.2.2.1.1 Runder 2er-Topfmagnet

4.2.2.1.2 Quadratischer 5er-Topfmagnet

4.2.2.1.3 Quadratischer 3er-Zeilen-Topfmagnet

4.2.2.1.4 Rechteckiger 3er-Zeilen-Topfmagnet

Variante A: Lang-Optimum,

Variante B: Kurz-Optimum

4.2.2.1.5 Rechteckiger 3er-Spalten-Topfmagnet

4.2.3 2-Polschuhe-Magnet

4.2.3.1 Design PM + Polplatten parallel (starkes lokal konzentriertes Feld)

4.2.3.2 Design Polplatten senkrecht zu PM (für bessere Kraft im Abstand h_j)

4.2.3.2.1 Runder 1-Polschuh-Magnet

4.2.3.2.2 Quadratischer 4-Polschuh-Magnet

4.2.3.2.3 Quadratischer 2-Polschuh-Zeilenmagnet

- 4.2.3.2.4 Rechteckiger 2-Polschuh-Zeilenmagnet
Variante A: Lang-Optimum,
Variante B: Kurz-Optimum
- 4.2.3.2.5 Rechteckiger 2-Polschuh-Spaltenmagnet: entfällt

4.2.4 Tauch-Magnet

- 4.2.4.1 Runder Ring-Tauchmagnet (Radial-Magnetisierung)
- 4.2.4.2 Quadratischer Ring-Tauchmagnet (Radial-Magnetisierung)
- 4.2.4.3 Quadratischer Zeilen-Tauchmagnet
- 4.2.4.4 Rechteckiger Zeilen-Tauchmagnet
- 4.2.4.5 Rechteckiger Spalten-Tauchmagnet

PM-Design & Wirkprinzip

4. Permanent-Magnet- und Magnetkreis-Design incl. FM

4.1 Referenzmagnete ohne Rückschluss

4.1.1 Runder Scheiben-Magnet ohne Topf = Referenzmagnet
Durchmesser groß und Scheibendicke klein ergibt relativ großen Felddurchgriff; relativ große Fläche → besser als relativ kleiner Durchmesser D bei gleichem Verhältnis H/G. Auch Transversal-Kraft-Weg-Kurve wichtig.

4.1.2 Quadratischer Scheiben-Magnet ohne Topf = Referenzmagnet
Seitenlänge groß und Scheibendicke klein ergibt großen Felddurchgriff, da große Fläche → besser als kleine Seitenlänge bei gleichem H/G.
Auch Transversal-Kraft-Weg-Kurve wichtig.

4.1.3 U-Magnet = Referenzmagnet

4.1.3.1 Torusmagnet = Referenzmagnet

Beide Pole sind frontseitig ohne Rückschluß-Topf.

Durchmesser D groß ergibt großen Felddurchgriff, da großer Polabstand → besser als kleiner Durchmesser D bei gleichem H/G.

Variante A: zylinderförmig

Variante B: scheibenförmig

Keine Axialmagnetisierung, sondern Torusmagnetisierung (Feld in Umfangsrichtung!).

Auch Transversal-Kraft-Weg-Kurve wichtig.

Option: Mantel nur gegen Streuverluste (beachte $< B_r$, wie groß ist die Induktion / Feldstärke der Streufelder?) :

a) CoFe-Mantel (VAC Vacoflux 48),

b) RFe- / NiFe(75%Ni), je nach Höhe der Streufeld-Induktion B

c) amorphe weichmagn. Stoffe (haben sehr hohes μ)

Wenn die Ergebnisse Kraft/Eigengewicht gut sind, dann Berechnung mit Mantel, um Streuverluste zu mindern (beachte Zunahme des Eigengewichts; wo ist das Optimum? Bringen die Streuverluste als Kraft im Verhältnis zur Zunahme der Masse ein durch den Mantel höheres Verhältnis Kraft/Eigengewicht H/G?)

4.1.3.2 Runder U-Magnet = Referenzmagnet

Axialmagnetisierung + TP (hoch) oder AP (flach) in den Polstücken

4.1.3.3 Quadratischer U-Magnet = Referenzmagnet

Axialmagnetisierung + TP (hoch) oder AP (flach) in den Polstücken

4.1.3.4 Quadratische Zeilenmagnet = Referenzmagnet

4.1.3.5 Rechteckiger Zeilenmagnet = Referenzmagnet
Variante A, Variante

4.1.3.6 Rechteckiger Spaltenmagnet = Referenzmagnet

4.1.4 Ring-Magnet = Referenzmagnet
(axiale Magnetisierung)

4.2 Magnete mit Rückschluss

4.2.1 Topfmagnete

4.2.1.1 Referenzmagnet: siehe Datenblatt Fa. Schallenberger:

NdFeB \emptyset 16 mm, BH = 265 - 285, Haftkraft H = 95 N = 9,68 kg = 100% bei
Luftspalt d = 0 mm, G = 6,5g; Magnet im eigenen entmagnetisierenden Feld.

+ Optimum Verhältnis $H/G = V = 9,68 \text{ kg} / 0,0065 \text{ kg} = 1461$!!!

Dieses Verhältnis V von 1461 ist die absolute Untergrenze V ohne
Optimierung und bei kleinerem Energieprodukt BH.

Durch das höhere $(BH)_{\max}$, höhere B_r , höhere H_{cJ} erhalten wir viel
bessere Wert als $V = 1461$, da diese bei $(BH)_{\max} = 285 \text{ kJ/m}^3$
vorhanden sind.

In keinem Fall wird das Verhältnis V bei einem Luftspalt $d > 0$ mm gesucht,
weil sich sonst die Abmessungen/Gewicht des Magneten wesentlich vergrößern!
Beachte bei der Optimierung die sich ändernde Wanddicke des Bodens und
der Polschuhe bei konstanter Flußdicke/mm² (Reduktion des Gewichtes).

4.2.1.2 Runder Topfmagnet

4.2.1.3 Quadratischer Topfmagnet

4.2.1.4 Quadratische Zeilen-Topfmagnet

4.2.1.5 Rechteckiger Zeilen-Topfmagnet

Variante A: Lang-Optimum

Die Länge l soll maximiert und die Breite b minimiert werden.

Variante B: Kurz-Optimum

Die Breite b soll minimiert und die Länge l maximiert werden; $b = b'$.

Die Höhe c des PM ist ein variabler Parameter.

4.2.1.6 Rechteckiger Spalten-Topfmagnet

Die transversale Verschiebung der Abschirmung / Gegenstück / Gegenmagnet
erzeugt einen Luftspalt $> d$.

Bewegung: erfolgt transversal im Abstand d mit $f = 0 - 300 \text{ Hz}$.

Maße: Die Länge l soll maximiert und die Breite b minimiert werden: $b = b'$.

Die Höhe c ist ein unabhängiger Parameter.

Prinzip Transversalbewegung, deshalb kein großer Felddurchgriff Richtung h notwendig, da Abstand d immer gleich.

Für Linear- und Rotations-Bewegung, Bewegungsachse:

axial-translativ, linear-translativ,
zylindrisch-rotativ, planar-rotativ (Scheibenläufer),

4.2.1.7 Ring-Topfmagnet

Axiale Magnetisierung

4.2.2 2/3/5er-Topfmagnet

4.2.2.1 Design in einer Ebene (großer Felddurchgriff Richtung h)

4.2.2.1.1 Runder 2er-Topfmagnet

4.2.2.1.2 Quadratischer 5er-Topfmagnet

4.2.2.1.3 Quadratischer 3er-Zeilen-Topfmagnet

4.2.2.1.4 Rechteckiger 3er-Zeilen-Topfmagnet

Variante A: Lang-Optimum, Variante B: Kurz-Optimum

4.2.2.1.5 Rechteckiger 3er-Spalten-Topfmagnet

4.2.3 2-Polschuhe-Magnet

4.2.3.1 Design PM + Polplatten parallel (starkes lokal konzentriertes Feld)

4.2.3.2 Design Polplatten senkrecht zu PM (für bessere Kraft im Abstand h_1)

4.2.3.2.1 Runder 1-Polschuh-Magnet

Nur radiale Magnetisierung bei Ringen

4.2.3.2.2 Quadratischer 4-Polschuh-Magnet

Nur radiale Magnetisierung bei Ringform

4.2.3.2.3 Quadratischer 2-Polschuh-Zeilenmagnet

4.2.3.2.4 Rechteckiger 2-Polschuh-Zeilenmagnet

Variante A: Lang-Optimum, Variante B: Kurz-Optimum

4.2.3.2.5 Rechteckiger 2-Polschuh-Spaltenmagnet: entfällt, Kraftfeld-Verbesserung wird nicht benötigt, da nur Transversalbewegung.

4.2.4 Tauch-Magnet

Prinzip Transversalbewegung, deshalb kein großer Felddurchgriff Richtung h notwendig, da Abstand d immer gleich.

Für Linear- und Rotations-Bewegung, Bewegungsachse:

axial-translativ, linear-translativ,
zylindrisch-rotativ, planar-rotativ (Scheibenläufer),

4.2.4.1 Runder Ring-Tauchmagnet

(Radial-Magnetisierung)

Ungünstig wegen axialer Bewegung der Abschirmung/Gegenstück.

4.2.4.2 Quadratischer Ring-Tauchmagnet

(Radial-Magnetisierung)

Ungünstig wegen der axialen Bewegung der Abschirmung/Gegenstück.

4.2.4.3 Quadratischer Zeilen-Tauchmagnet

Siehe bisherige Lösung: transversale Anwendung.

(Zylinder-Schalenform bei axial-rotativer FKM.)

Querfeldgepresste Teile (TP) mit Vorzugsrichtung senkrecht zur Pressrichtung.

4.2.4.4 Rechteckiger Zeilen-Tauchmagnet

Siehe bisherige Lösung: transversale Anwendung.

(Zylinder-Schalenform bei axial-rotativer FKM.)

Querfeldgepresste Teile (TP) mit Vorzugsrichtung senkrecht zur Pressrichtung.

4.2.4.5 Rechteckiger Spalten-Tauchmagnet

Siehe bisherige Lösung: transversale Anwendung.

(Zylinder-Schalenform bei axial-rotativer FKM.)

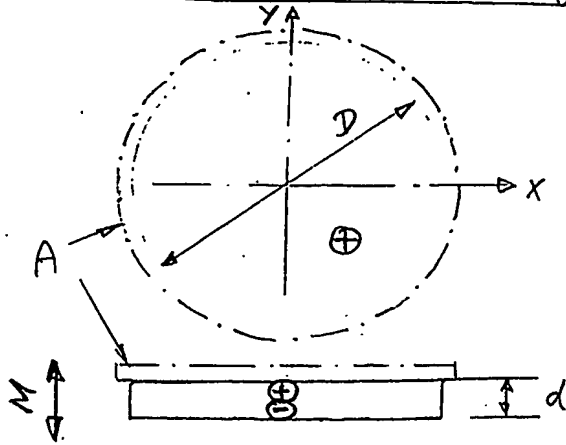
Querfeldgepresste Teile (TP) mit Vorzugsrichtung senkrecht zur Pressrichtung.

Anhang 1: Zeichnungen Magnet-Design

4.1 Referenzmagnet ohne Joch/Eisenrückschluss

95

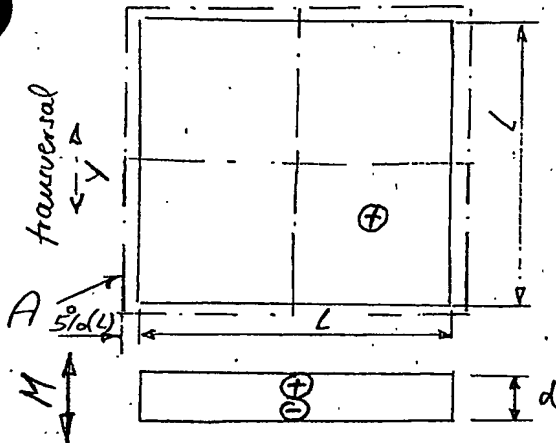
4.1.1 Runder Scheiben-Magnet ohne Topf



A: Abschirmung/Gegenstück

Beachte: Nutzung des 2-Seiten-Prinzips
⊖ Pol geht nicht verloren

4.1.2 Quadratischer Scheiben-Magnet ohne Topf



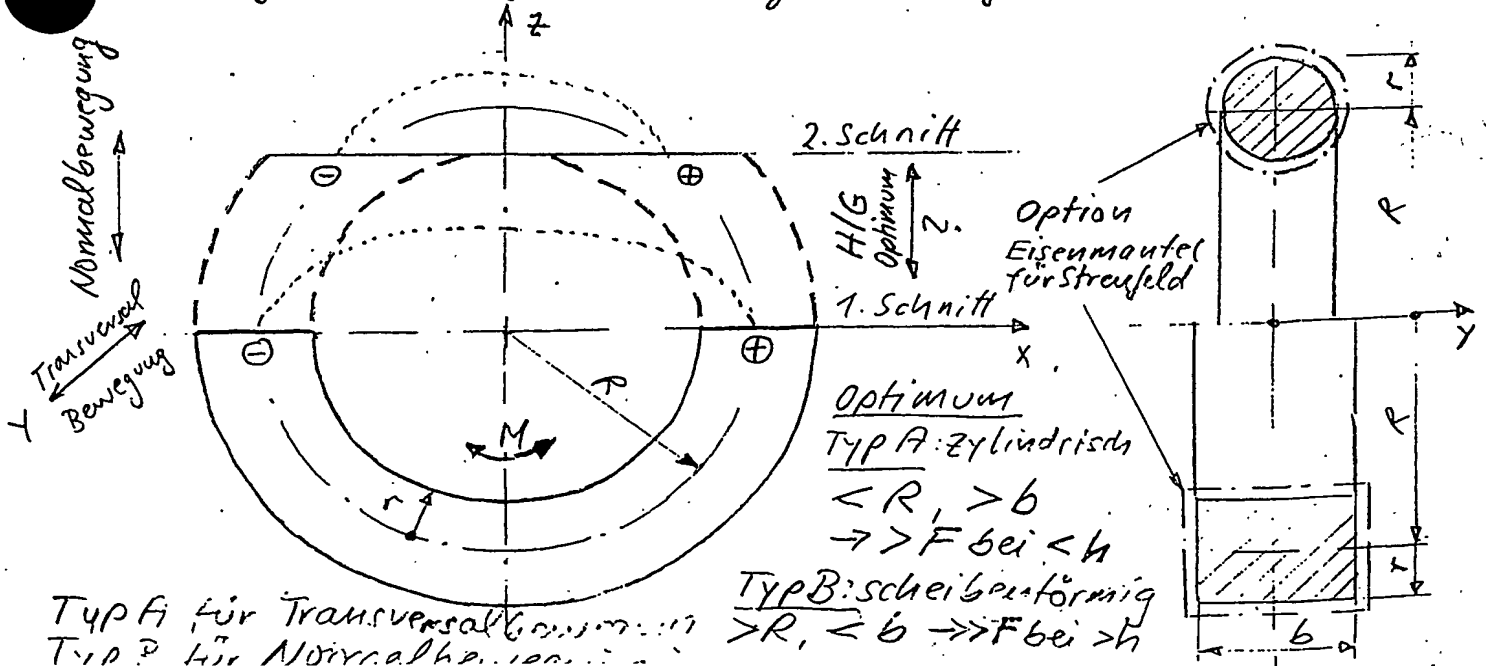
Beachte: Nutzung des 2-Seiten-Prinzips
⊖ Pol geht nicht verloren

Bem.: Normal- u. Transversal-Bewegung

4.1.3 U-Magnet

4.1.3.1 Torus-Magnet

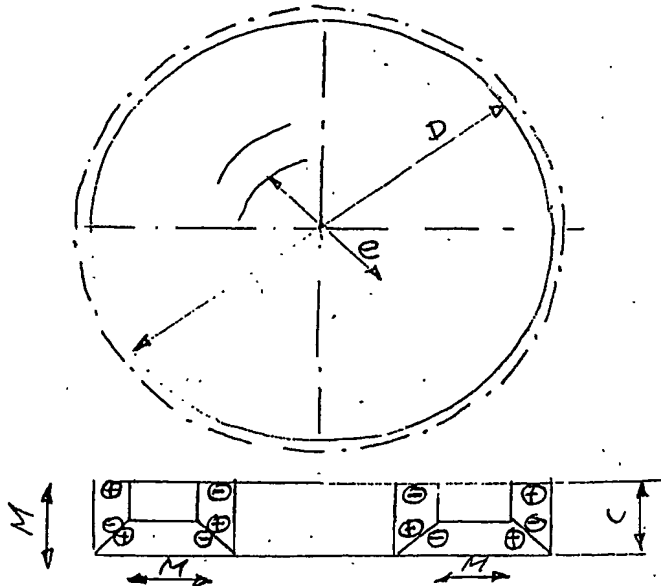
Magnetisierung in Umfangsrichtung (Torusspule)



4.1.3.2 Runder U-Magnet

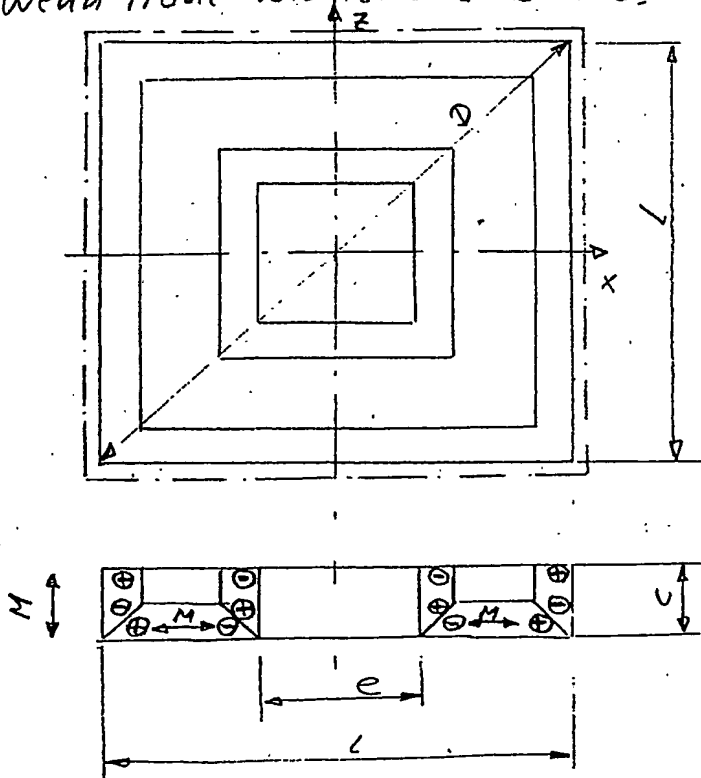
96

Radiale Magnetisierung des Bodens.
Querfeldgepresste Polschuhe (TP) oder axialfeldgepresste (AP),
wenn Höhe kleiner als Breite.



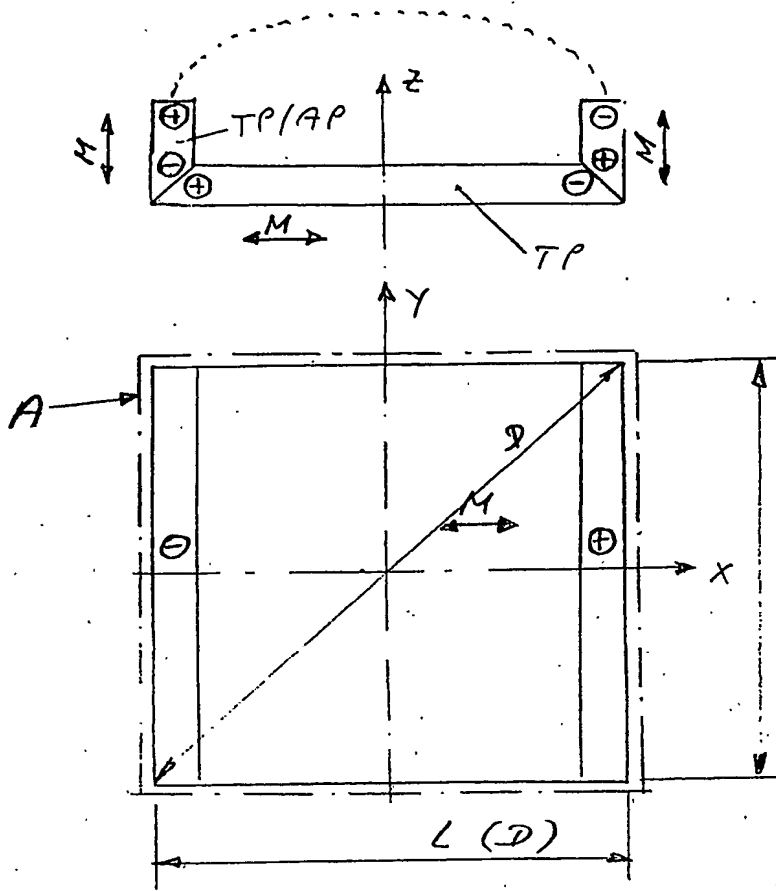
4.1.3.3 Quadratischer U-Magnet

Radiale Magnetisierung des Bodens.
Querfeldgepresste Polschuhe (TP) oder axialfeldgepresst,
wenn Höhe kleiner als Breite.



4.1.3.4 Quadratischer U-Zeilenmagnet

97

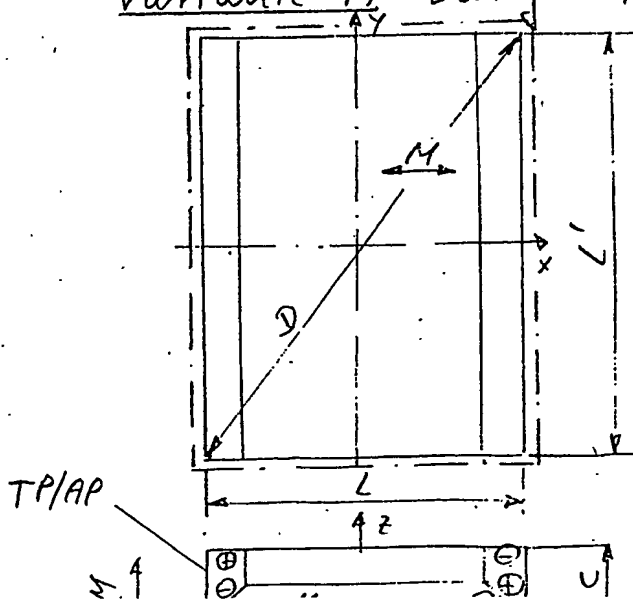


TP-Material:
 Quersfeldgepresste Teile (TP)
 mit Vorzugsrichtung
 senkrecht zur Pressrichtung
 Vacodyn 764 TP

Quersfeldgepresste Polschuhe (TP) oder axialfeldgepresste (AP),
 wenn Höhe kleiner als Breite,

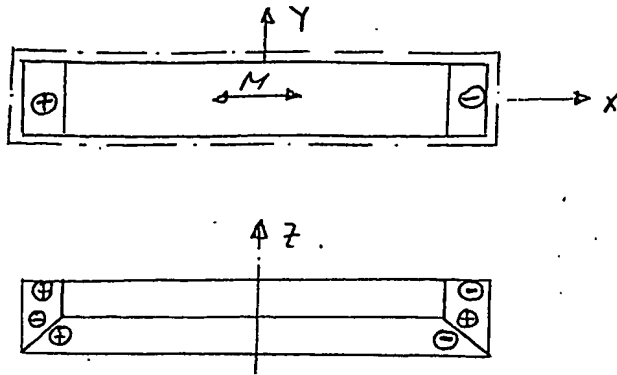
3.5 Rechteckiger U-Zeilenmagnet

Variante A: Lang-Optimum

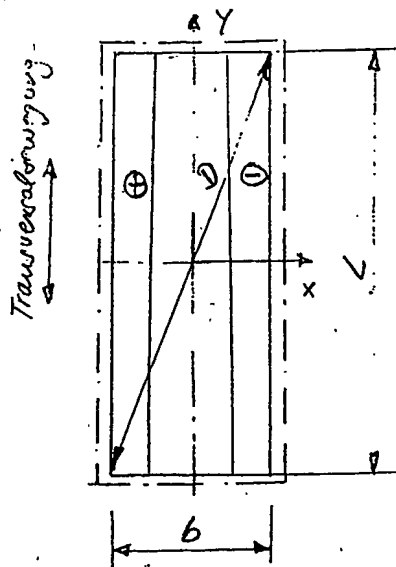


Variante B: kurz - Optimum

98

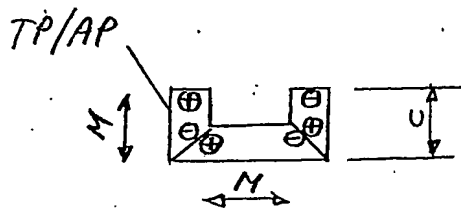


1.3.6 Rechteckiger U-Spaltenträger



Optimierung: $> L$, $< b$
mit Optimum H/G

Bem:
Ohne Endstücke, da
Transversalbewegung.



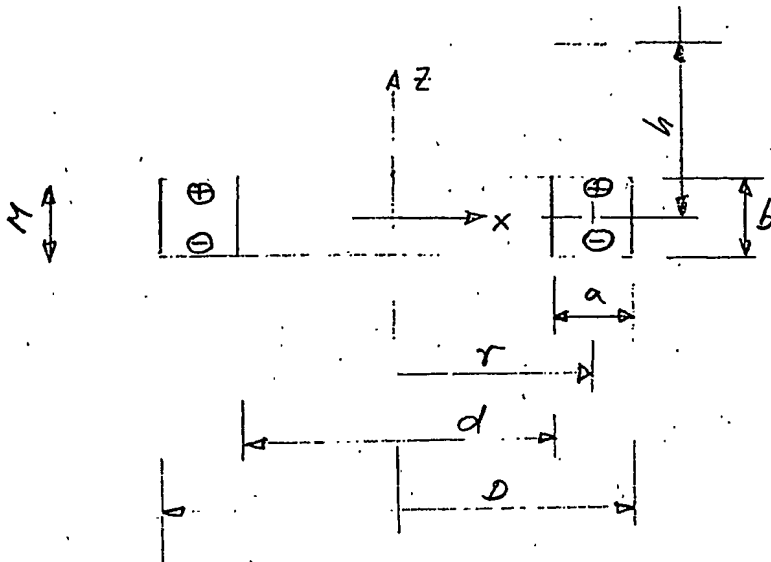
4.1.4

Ringmagnet

99

Axiale Magnetisierung

(Prinzip Helmholtzspule, $r = h$, besonders homogenes Feld)

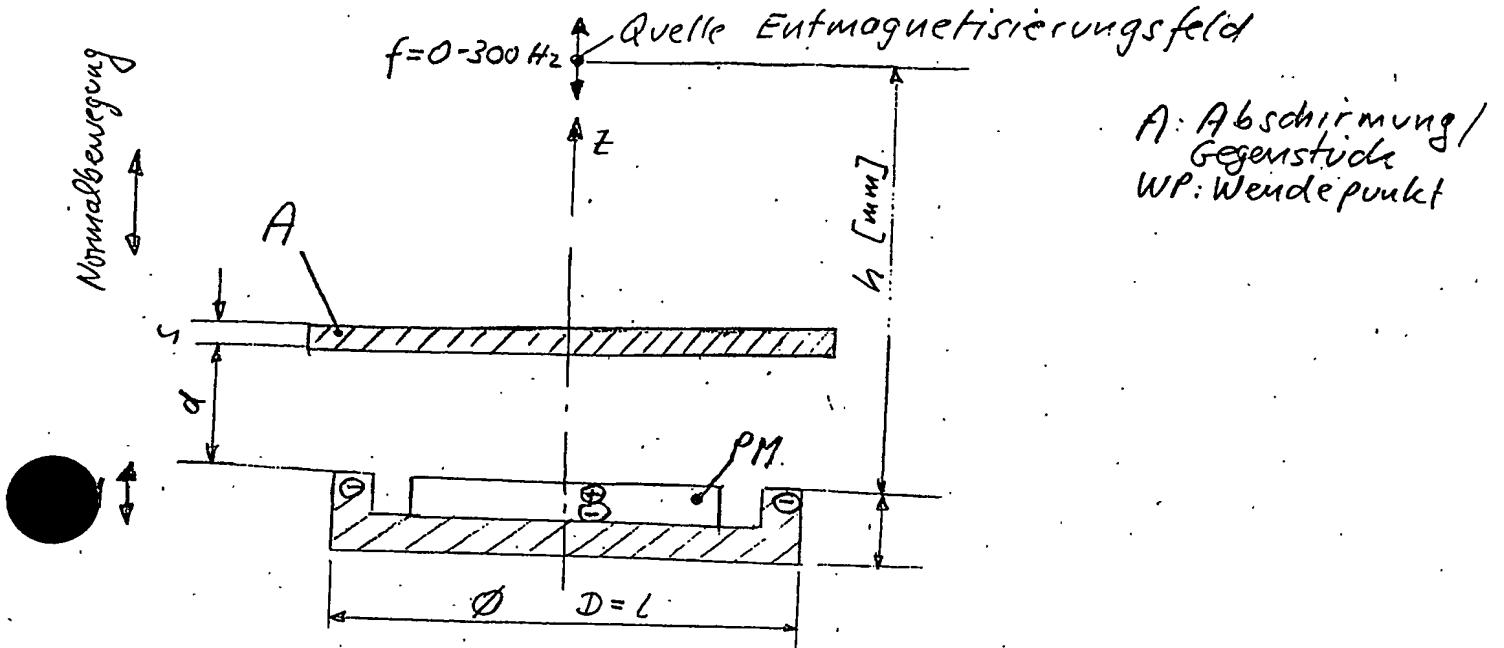


4.2.1 Topfmagnete

100

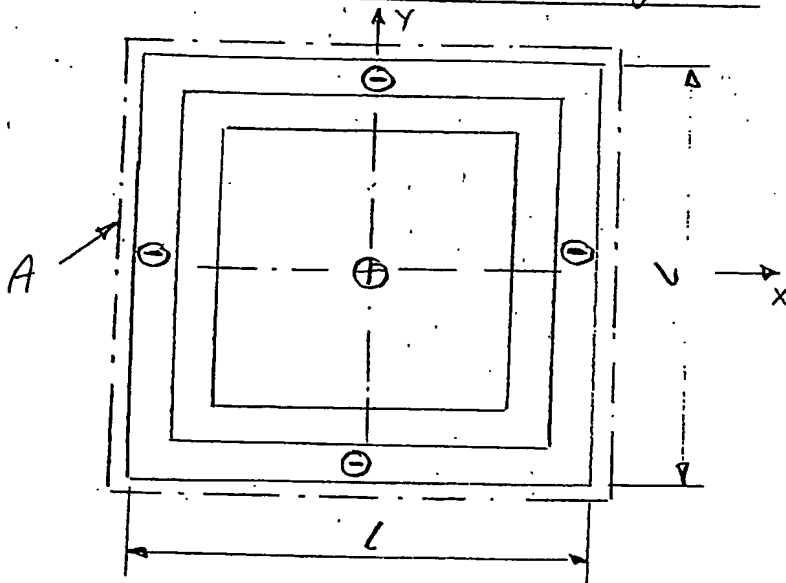
4.2.1.1 Referenzmagnet : siehe Datenblatt

4.2.1.2 Runder Topfmagnet



Nur Normalbewegung (z-Achse)

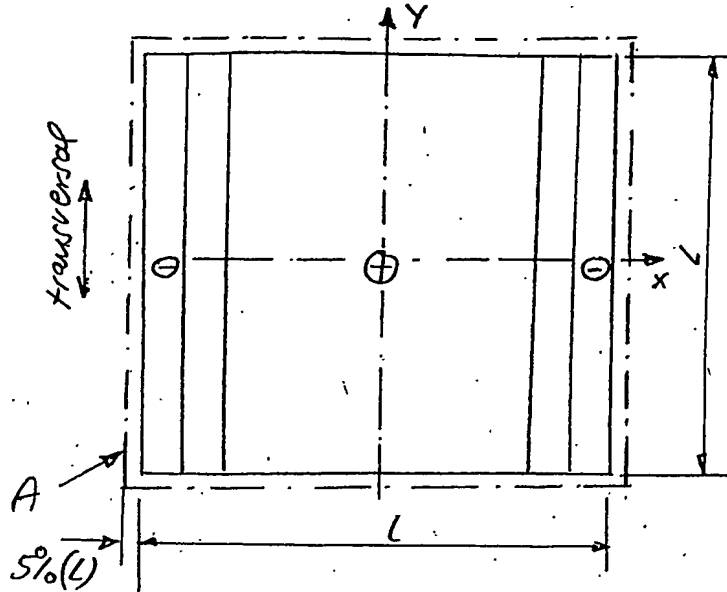
4.2.1.3 Quadratischer Topfmagnet



Nur Normalbewegung!

4.2.1.4 Quadratischer Zeilen-Torfmagnet

101



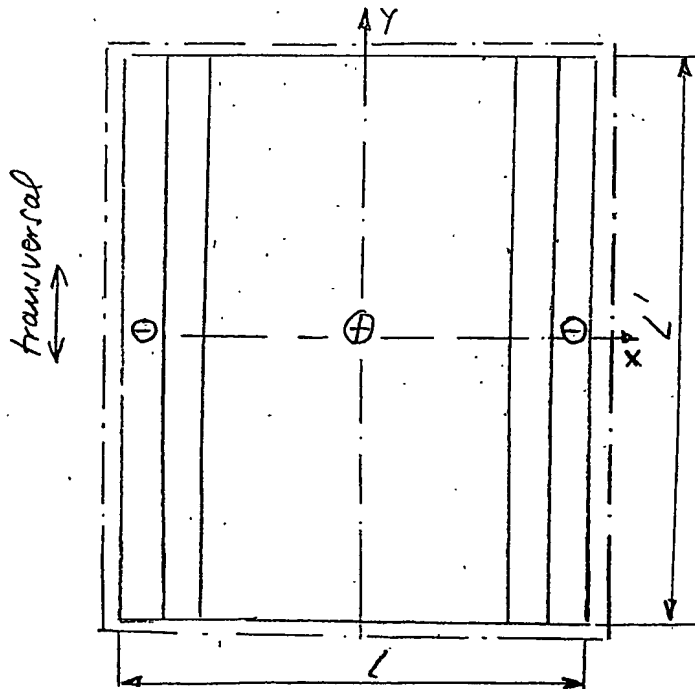
Bem:

Normal- und Transversal-
Bewegung.

Ohne Endstücke bei
Transversalbewegung

4.2.1.5 Rechteckiger Zeilen-Torfmagnet

Variante A: lang - optimum

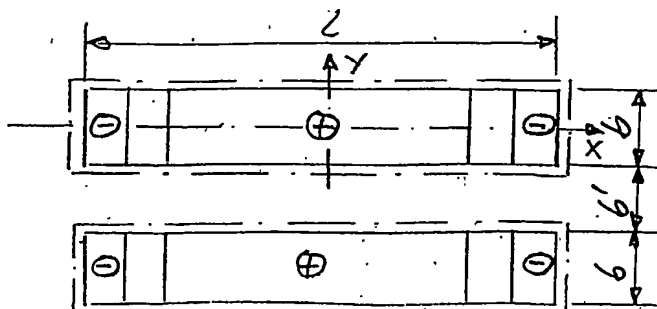


Bem:

Normal- und Transversal-
Bewegung

Ohne Endstücke bei
Transversalbewegung

Variante B: kurz - optimum



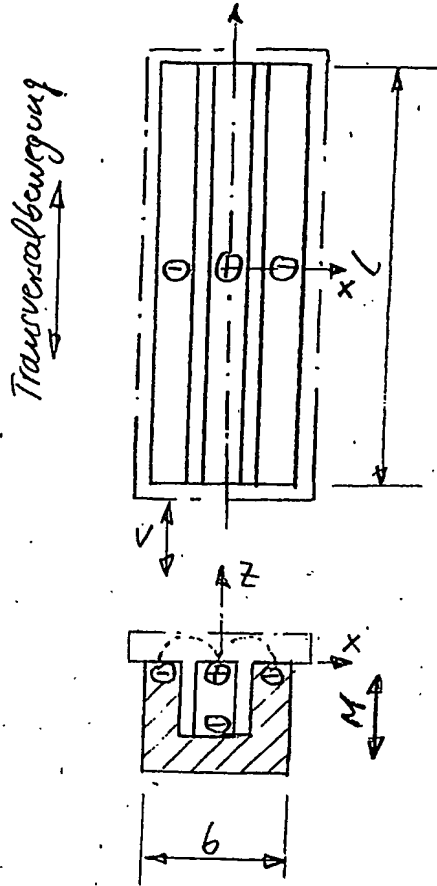
$$b' = b$$

Bem.:

großer Felddurchgriff
bei $> L$ und $< b$.

4.2.1.6 Rechteckiger Spalten-Topf magnet

102



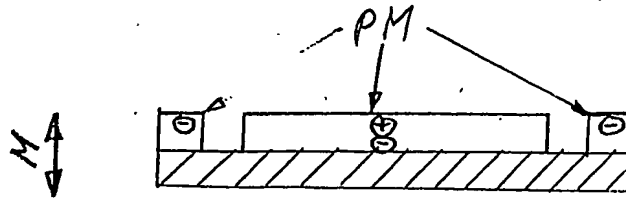
Bem: Ohne Endstücke, da Transversalbewegung.

Optimierung: $> L$, $< b$
mit Optimum H/G

4.2.2 2/3/5er Topfmagnete

4.2.2.1 Design in einer Ebene (großer Felddurchgriff Richtung h)
Grundprinzip: Pole des Jochs werden ersetzt durch weitere Magnete.

Folge: Gleiches Gewicht, aber erhöhte Kraft(!)
und \rightarrow großer Felddurchgriff in Richtung h !



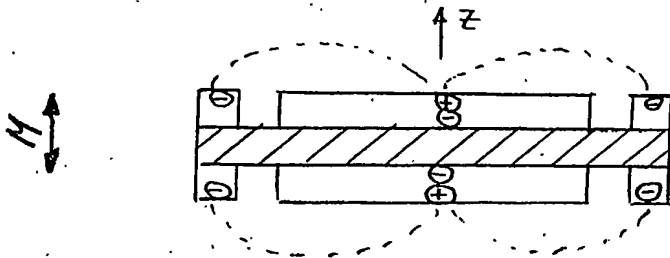
Ohne Endstücke bei Transversalbewegung (o.ES)

Berechnung für Design-Typen:

1. Runder 2er-Topfmagnet
2. Quadratischer 5er-Topfmagnet
3. Quadratischer 3er-teilen-Topfmagnet (o.ES)
4. Rechteckiger 3er-zäulen-Topfmagnet (o.ES)
 - Variante A: lang-Optimum
 - Variante B: kurz-Optimum
5. Rechteckiger 3er-spalten-Topfmagnet (o.ES)

Option: 2-Seiten-Prinzip

Vorteil: Nur ein Boden! (reduzierte Masse)

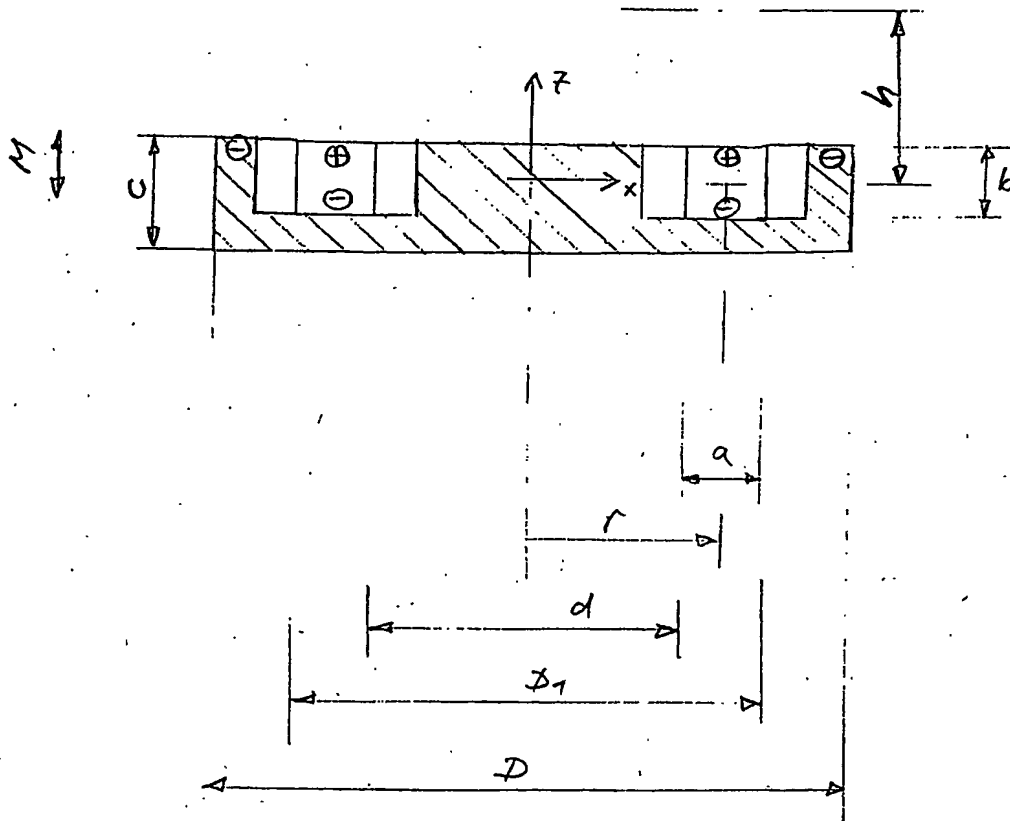


4.2.1.7

Ring-Torfmagnet

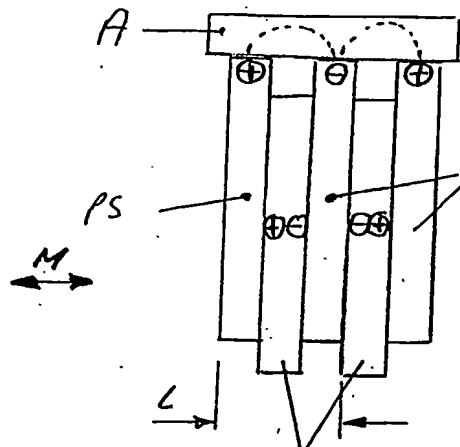
Axiale Magnetisierung
(Helmholtz-Spule, $r=b$)

104



4.2.3 2-Polschuh-Magnete

4.2.3.1 Design PM + Polplatten parallel (starkes lokal konzentriertes Feld)



Auch für Transversal-Bewegung!

n PM quadratisch / rechteckig
→ Optimum H/G

4.2.3.2 Design Polplatten senkrecht zu PM (großer Felddurchgriff in Richtung h)

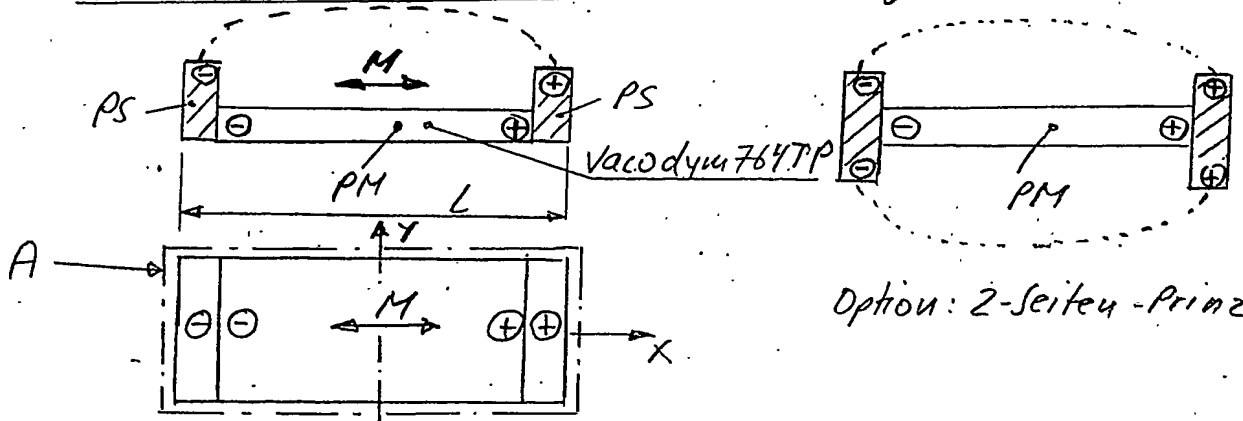
Vorteil: Bodenplatte/Joch (Gewicht ohne BH)

Wird ersetzt durch den Permanentmagneten

4.2.3.2.1 Runder 1-Polschuh-Magnet: nur radiale Magnetisierung

4.2.3.2.2 Quadratischer 4-Polschuh-Magnet: nur radiale Magnetisierung

4.2.3.2.3 Quadratischer 2-Polschuh-Zeilennagnet (o. ES)



Option: 2-Seiten-Prinzip

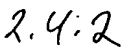
4.2.3.2.4 Rechteckiger 2-Polschuh-Zeilennagnet (o. ES)

Variante A: Lang-Optimum

Variante B: Kurz-Optimum

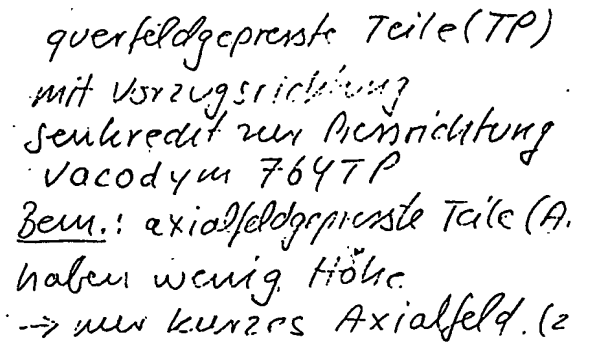
4.2.3.2.5 Rechteckiger 2-Polschuh-Spaltenmagnet (o. ES) entfällt, da nur Transversalbewegung ohne großen Felddurchgriff Richtung h .

4.2.4.1 Runder Ring-Tandmagnet Radialmagnetisierung



4, 2, 4, 3

4.2.4. 4



1.2.4.5 Rechteckiger Spalten-Türdrücker (wie 4.2.4.3/4)

1. Allgemeine Prinzipien

Für die magnetische Feldmodulator-Steuerung unterscheiden wir:

- magnetische Feld-Leiter (Leitfähigkeit = hohes $\mu_0\mu_r$, beachte Aussteuerung in Permeabilität-Induktion-Kennlinie mit μ_{\max} - B_{opt}).
- magnetische Feld-Nichtleiter ($\mu \approx 1$ (Luft, Vakuum, paramagnetische Stoffe, etc.) = magnetische Isolatoren = Dimagnetika (dia = durch)
- magnetische Feld-Halbleiter, siehe ff.

Vorgenannte Systematik gilt für ferro- und ferrimagnetisch weiche Stoffe.

Wird ein Dimagnetikum in ein magnetisches Feld gebracht, so nimmt die magnetische Feldstärke gegenüber der des Vakuums auf den μ_r -ten Teil ab, während die magnetische Kapazität durch das einbringen des Dimagnetikums auf das μ_r -fache steigt.

Im elektrischen Feld (Elektrete) gilt für die Feldleitung:

- elektrische Feld-Leiter (Leitfähigkeit = hohes $\epsilon_0\epsilon_r$, beachte Aussteuerung in Permittivität-Verschiebungsdichte-Kennlinie mit ϵ_{\max} - D_{opt}
- elektrische Feld-Nichtleiter ($\epsilon \approx 1$ (Luft, Vakuum, Keramik (HDK), etc.) = elektrische Isolatoren = Dielektrika (dia = durch)
- elektrische Feld-Halbleiter, siehe ff.

Vorgenannte Systematik gilt für ferro- und ferrielektrisch weiche Stoffe.

Wird ein Dielektrikum in ein elektrisches Feld gebracht, so nimmt die elektrische Feldstärke gegenüber der des Vakuums auf den ϵ_r -ten Teil ab, während die elektrische Kapazität durch das einbringen des Dielektrikums auf das ϵ_r -fache steigt.

Es gibt also mehrere Arten von Feldmodulator (FM) -Effekten:

Ferro-/ferrimagnetische Feld-FM (B-Feld)

Magnetische Feld-Leiter (hohe Permeabilität)

Magnetische Feld-Isolatoren = magnetische Feld-Nichtleiter ($\mu \approx 1$)

Magnetische Feld-Halbleiter

Ferro-/ferrielektrische Feld-FM (D-Feld)

Elektrische Feld-Leiter (hohe Permittivität)

Elektrische Feld-Isolatoren = elektrische Feld-Nichtleiter ($\epsilon \approx 1$)

Elektrische Feld-Halbleiter

Tunnel-FM mit dünner FM-Schicht

Schaltfunktion mit B- oder D-Feld

Supra-FM mit dicker FM-Schicht

Schaltfunktion mit B- oder D-Feld

109

Da der Supraleiter einem Elektronen-Leitungs-Prinzip gehorcht, wird dieses auch später behandelt.

Der Feldmodulator ist ein Dimagnetikum oder Dielektrikum für Felder und nicht für Elektronen.

Erst bei Verwendung metallisch magnetischer Feld-Leiter im Betrieb mit Frequenz f erfolgt eine Gegenkraft aus Wirbelströmen und Spinrelaxation: Verzögerungseffekt Felddiffusion: bei hoher Feldänderungsgeschwindigkeit werden im weichmagnetischen FM-Material des magnetischen Kreises aufgrund der anwesenden Leitungselektronen Induktionsströme verursacht, die ihrer Ursache (Feldaufbau und -abbau) entgegenwirken (Lenzsche Regel)). Diese Gegenkraft vermindert das zuvor statische Gleichgewicht mit steigender Frequenz (und schnellen Schaltvorgängen), deshalb muss ein dynamischer FM diese frequenzabhängige Gegenkraft frequenzabhängig kompensieren, oder die Leitungselektronen durch Influenz aus dem Wirkungsbereich des Magnetfeldes verschieben, so dass ein dynamische Gleichgewicht entsteht.

Diese Kraftwirkungen entstehen bei:

- (a) im geschlossenen Zustand des FM wegen der PM-Bewegung,
- b) bei Bewegung des FM mit transversalem Schneiden der longitudinalen Feldlinien der PM's).

Beim Öffnen des FM entstehen longitudinale Stoß-Wellen der PM's (magnetischer Feld-Stoß mit Felddruck-Amplitude).

Dynamisches vs. statisches transversales Gleichgewicht des FM
Eine Kompensation der auftretenden transversal-statischen (magnetische Anziehung wegen inhomogenem Feld), wie dynamische Lorentz-Kräfte bei transversaler Bewegung des kinematischen FM, wird ebenso durchgeführt:

Das Gleichgewicht im geschlossenen Zustand des FM ist das grundsätzliche Funktionsprinzip des FKG. (Bild 3)

Beim Öffnen des FM entstehen transversale Stoß-Wellen (magnetischer Feld-Stoß).

2. Kinematischer Feldmodulator (mit / ohne Lamellierung)

Kinematischer Verschuß (FM-Platte bewegt sich in verschiedene Stellungen):

FM "AUF" = magnetischer Fluß in z.B. Luft (magn. Isolator)

+ FM "ZU" = magnetischer Fluß im FM (magn. Leiter). (Bild 4)

2.1 Geometrie des Abschirmgehäuses

(Geometrieeffekt ggf. größer als Werkstoffeffekt, Berechnung erfolgt durch Finite Elemente-Software Flux 3D):

1. FM als Platte mit Dicke s (offene Geometrie) (Bild 5.1 - 5.10), Varianten:

- a) FM-Platte aus einem magn. leitenden Stoff
- b) FM-Platte lamelliert aus verschiedenen μ -Stoffen
- c) weitere FM-Prinzipien, siehe Systematik ff.
- d) FM-Feld-Halbleiter (M-Diode, M-Transistor, M-Thyristor)
- e) Tunnel-FM

Alternative:

2. FM als Deckel (Platte mit Dicke s) eines doppelräumigen Abschirmgehäuses (in jedem Raum ein Magnet) (im Takt geschlossene / offene Geometrie) (Bild 6), Varianten wie zuvor genannt.

2.2 Passiver FM

Der passive FM hat keine aktiven anziehenden Hilfsfelder/Anziehungskräfte, außer sich selbst; die ist z.B. bei Ferriten möglich.

Der passive FM kann mit einem aktiven FM ergänzt werden, um abstoßende Wirbelstrom-Kräfte etc. zu kompensieren bzw. um den FM in der Dicke dünner gestalten zu können, so daß die PM's dichter zusammenkommen können.

Die aktiven Hilfsfelder müssen auch im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch des aktiven FM betrachtet werden, womit der Wirkungsgrad beeinflusst wird. (Bild 7.1 - 7.6)

Die Geometrie des Abschirmgehäuses kann wie unter 2.1 beschrieben gestaltet werden.

2.2.1 Weichmagnetischer Stoff:

- Leichte Magnetisierbarkeit (Wandverschiebung, Drehprozesse)
- Hohe Permeabilität und an Magnet angepaßte Induktion (Permeabilität-Induktion-Kurve: Aussteuerungseinfluß $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$)

Beachte bei hoher Aussteuerung: Absinken des Schirmfaktors im passiven FM mit steilem Abfall in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn Material in die Sättigung gerät. Diesen steilen Abfall nutzen wir, um den FM in seiner Wirkung optimal einzustellen und auch um ihn zu schalten ($\mu \rightarrow 0$ bei B_{\max}), siehe ff.

Geigneter Werkstoff mit entsprechend hoher Permeabilität, Sättigung dem PM-Fuß im Abstand Δs von der Polfläche (aktuelles, wirksames $B[T]$) angepaßt.

Flußdichte/mm² zur Reduktion der Wanddicken beachten in Relation zum Gewicht (kinetische Energie bei FM-Oszillation): die Wanddicken sind der Flußdichte/mm² variabel anzupassen.

Beachte verschiedene nichtlineare μ -B-Kennlinien bei verschiedenen dicken Blechen derselben Legierung der gleichen Charge.

→ Dünnere Bleche haben weniger Pinning-Wände = Blochwände → μ wie bei 0,35 mm oder besser; ab 0,2 mm abwärts zusätzlich störende Oberflächendefekte.

Leichte Variation bei verschiedenen Chargen.

Auch bei geschliffenen Oberflächen → Blechdickenabnahme aber keine Kaltverformung, μ wird nicht besser, beachte beim Schleifen die Oberflächenrauigkeit mit ggf. Verschlechterung von μ .

Auch die Blech-Form des FM hat einen einfluß auf die Permeabilität.

Vorgehensweise zu FM-Optimierung (Wirkungsgrad der Magnetisierung im FM):

1. Bestimme $B[T]$ an der Polfläche (bzw. an der Haftfläche im Abstand Δs) und dann suche

2. das dazu passende μ_{\max} des geeigneten Werkstoffes. → Feinabstimmung!

Beachte bei Verwendung kristalliner Stoffe:

- a) Kristallenergie, Magnetostraktion
- b) Strukturparameter: kleine Kristallkorngröße, Zahl und Art der Gitterfehler und Fremdkörper klein, kleine innere Spannungen u.a.

Beachte bei Verwendung amorpher Stoffe:

- a) lokale Anisotropien, durch Magnetostraktion bedingte Spannungen
- b) Oberflächenrauigkeit
- Niedrige Koerzitivfeldstärke!!!
- Material homogen und defektarm und magnetisch isotrop!!!
- Härten der Legierung: mechanisch härtende Teilchen einbringen, die wegen ihrer Größe, die magnetische Weichheit nicht beeinflussen
- Option:
 - a) Legierung mit 3% SiFe (Bikristall) $\mu_{\max} = 3800000$
Mit einer solchen Schicht läßt sich in Relation zum B[T] eine erhebliche größere Wirkung erzielen.
 - b) Legierung mit 6,5% SiFe hat sehr hohen spez. el. Widerstand.
 - c) Auch hat Cobalt-Eisen sehr hohe Permeabilität bei hohen Induktions-Werten, beachte hexagonale Kristallanisotropie, die zur gezielten, richtungsorientierten magn. Leitung genutzt werden kann.
 - d) CoFe als Bikristall oder CoCr

Neu: FM mit negativer magnetischer Energie $-(BH)_{\max}$:

Magnetisierungskennlinie von weichmagnetischen Stoffen

+ negatives Energieprodukt: $-(B(+H))_{\max}$ als negative Energie (-E), da weichmagnetischer Stoff anziehend (-E) im Gleichgewicht gegen die sich abstoßenden (+E) Magnete mit positiver Energie (+E) und positivem Energieprodukt $(B(-H))_{\max}$

BH_{\max} maximal erreichbare Luftspaltenergie, siehe sinngemäß

Entmagnetisierungskennlinie von Dauermagneten.

Beachte den Arbeitspunkt der Magnetisierungskennlinie bei weichmagnetischem Stoff mit geometrieabhängigem Magnetisierungsfaktor N bei $(BH)_{\max}$ sowie Entmagnetisierungsfaktor bei hartmagnetischen Stoffen. Arbeitspunkt der weichmagnetischen FM-Platte und Schichten bei $(BH)_{\max}$

2.2.2 FM mit Anisotropien:

Kristallanisotropie:

- Resultierende Magnetisierungskurve hängt von Verteilung der Vorzugsrichtung der vielen Kristalle über die Winkel ab
- Wichtig für den FM: Kornorientierte Bleche
Großtextur mit Würfelftextur: Ideallage der kubischen Elementarzelle: in Walzrichtung liegt eine Würfelfkante des Kristallgitters = magnetische Vorzugsrichtung, bei Würfelftextur außerdem Würfelfkante quer zum Band (nicht bei Großtextur). Bei Magnetisieren in Vorzugsrichtung
- + rechteckförmige Hystereseschleife
- Beachte bei Co die hexagonale Kristallstruktur: wir können die magnetische Leitung entlang der 00.1-Richtung wählen und in die Sperr-Richtung mit 10.0 wählen, d.h. die 00.1-Richtung liegt beim FM transversal (+ 3-829).

Großtextur mit Hexagonaltextur: Ideallage der hexagonalen Elementarzelle: in Walzrichtung liegt eine hexagonale Achse (00.1) des Kristallgitters = magnetische Vorzugsrichtung, bei Hexagonaltextur außerdem Hexagonalkante quer zum Band. Bei Magnetisieren in Vorzugsrichtung → rechteckförmige Hystereseschleife.

Verwendung eines Co-Einkristalls, geschnitten in der entsprechenden 00.1 - Richtung.

Magnetfeldinduzierte Anisotropie:

FM: Einstellung der Richtungsordnung durch Magnetfeldglühung.

Verwendung bei kristalliner Legierung:

- uniaxiale Anisotropie K_u + magn. Vorzugsrichtung = atomarer Ordnungsvorgang
- Atomgitter bilden Vorzugsrichtungen durch Paare bzw. Ketten aus gleichen Atomen
- Einstellung der K_u durch Magnetfeldglühung, Ordnung statistisch, geordnet, richtungsgeordnet

Verwendung bei amorpher Legierung:

- Richtungsordnung im Nahbereich (über wenige Atome)
- Anisotropie durch eintemern des Magnetfeldes

Spannungsinduzierte Anisotropien:

- Magnetostriktive Spannungsenergie: erschwert die Magnetisierung, da sie die Polarisation an bestimmte Richtungen bindet.
- Spannungsanisotropie durch Zugspannung:
Bei Werkstoffen mit positiver Magnetostruktion wird die Magnetisierung erleichtert und Magnetisierungskurve aufgerichtet, bei negativer Magnetostruktion ist es umgekehrt.

Werkstoffe:

Eisen hat positive Magnetostruktion, magn. Vorzugsrichtung parallel zu einer Zugspannung oder senkrecht zur Druckspannung.

Nickel hat negative Magnetostruktion.

Bei seltenen Erden λ_s um 1 - 2 Größenordnungen höher als bei Eisen.

FM: Einstellung der Zugspannung-Anisotropie:

Bei Temperung unter Zug stellt sich K_u ein.

- Spannungsanisotropien unter Druckspannung:

Magnetische Vorzugsrichtung bei amorphen Fe-SiB-Legierung senkrecht zur Bandoberfläche (flache Hysterese) bei Magnetisierung in Bandrichtung
Magnetoelastische Energie um eine Zehnerpotenz größer als durch Magnetfeldtemperung

- Villareffekt:

FM: Änderung der Permeabilität durch mech. Beanspruchung.
(= umgekehrte Magnetostriktion) → als aktiver FM verwendbar.

2.3 Aktiver FM

Es gibt mehrere Arten von aktiven FM's für folgende Fallunterscheidungen:

I. Aktive FM's, um den FM in seiner grundsätzlichen FM-Primärwirkung zu schalten/verstärken.

II. Aktive FM's, um den FM mit anziehenden Ko-Feldern, zur Unterstützung von anziehenden FM-Kräften, zu verstärken.

A. → magnetische Hilfsfelder

Aktive FMs, um mit einem *magnetisch* Hilfsfeld die Wirkung aktiv zu verstärken.

1. Longitudinale Richtung

a) Dünnere FM-Schicht mit der Folge einer höheren Abstoßungswirkung bei PM-Position im normalen Gleichgewichtsabstand
→ Verstärkung der Anziehung durch anziehendes Hilfsfeld.

2. Transversale Richtung

a) Anziehung durch die PM's auf ferro-/ferrimagnetisches Material bei stark inhomogener Feldstruktur.
→ Verstärkung der Abstoßung als Kompensation der transversalen Anziehung durch abstoßendes Hilfsfeld.

III. Aktive FM's, um den FM mit Anti-Feldern zur Kompensation von induzierten Kräften zu unterstützen.

A. Leitungselektronen im FM nicht vorhanden (ferrimagnetische Stoffe):
keine Kompensation, da spez. elektr. Widerstand sehr hoch.
= FM-Grundprinzip.

B. → mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen vorhanden, aber mit *mechanischen* Anti-Wirbelstrom-Prinzipien induzierte Ströme und Kräfte minimieren.
= Optimierung 1. Art.

C. → elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen vorhanden, aber mit *elektrischen* Influenz-Prinzipien Leitungselektronen außerhalb des magnetischen Feldwirkungsbereiches bringen.
= Optimierung 2. Art.

D. → magnetische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen vorhanden im magnetischen Feldwirkungsbereich
→ aktiver Feldmodulator mit aktiven *magnetischen* Anti-Feldern.
= Optimierung 3. Art.

1. Longitudinal-Kraft-Kompensation

- a) Abstoßenden Wirbelstrom-Kräften (Lenz-Regel), wenn FM geschlossen und Bewegung PM \rightarrow OT.

Der aktive FM besteht darin, daß er seine longitudinal anziehende Wirkung in der Stärke steuern/regeln kann, um so das Gleichgewicht (trotz Wirbelstrom-Abstoßung aufgrund der Leitungselektronen im FM) dynamisch erhalten zu können.

2. Transversal-Kraft-Kompensation

Auch die transversale Wirkung der

- a) Abstoßung durch Wirbelströme (Bremsseffekt) kann dynamisch gesteuert werden.

Die Fälle können realisiert durch aktive magnetische Hilfsfelder (Bild 8): Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende FM je ein anziehendes Gegenfeld (antiparallel anziehend) zur Erzeugung des Gleichgewichtes oder zur Kompensation von statischen/dynamischen Gegenkräften gegenüber dem jeweilig abstoßenden Magneten = "ZU"; "AUF" = ohne Magnetisierung.

Die Magnetisierung sollte bistabil sein, weil dann die Feldkraft ohne äußere Energiezufuhr bei der Bewegung der PM's von UT bis OT erhalten bleibt.

Varianten zur aktiven Feld-Erzeugung / Gegenfeld-Kompensation:

- a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung
Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub ΔH und Induktionshub ΔB (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne = Impulsdauer).
- b) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsdraht
Die Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.
- c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse
- Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
- Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle, wegen geringer dynamischer Ummagnetisierungsverluste
- d) Beachte bei hoher Aussteuerung: Absinken des Schirmfaktors im passiven FM mit steilem Abfall in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn das Material in die Sättigung gerät.
- e) Eine Hochfeldspule wirkt wie eine Luftspule ohne Verstärkung durch den weichmagnetischen Kern.

Kopplung aktiver FM mit kinematischem FM

Der aktive FM kann gekoppelt werden (und/oder) mit:

- a) dem kinematisch-passiven FM, um Wirkungen / Kompensationen dynamisch verändern zu können.
- b) weichmagnetischem doppelräumigem Abschirmgehäuse (magnetischer Nebenschluß, im Takt offene/geschlossene Geometrie) ohne kinematische Bewegung:

2.4 Lamellierung der FM-Scheibe

2.4.1 Schichtung (Bild 10):

- mechanisch-elektrische Unterdrückung von Wirbelströmen
- Lamellenflächen senkrecht zu den Wirbelströmen
- isolierende Oxidschicht zwischen den Lamellen
- plangeschliffene Stirnflächen, kleine Luftspalte zwischen den Blechen
- wesentlich geringerer magnetischer Widerstand durch wechselsinnig geschichtete FM-Bleche (große Flächenberührung, Scherung: Luftspalt zwischen zwei FM-Blechebenen), Mindestabstand:
 - a) = Dicke der Isolationsschicht,
 - b) Trennschicht in longitudinaler Richtung wegen Mehrfachabschirmung (es multiplizieren sich die Einzelabschirmungen)
Überlappungslänge bei der Schichtung beachten.
- von einer bestimmten Luftspalllänge an ist der magnetisch wirksame Spalt kleiner als der geometrische (Fluß nicht zwischen den geschliffenen Stirnflächen der Mittelstege sondern über Parallelweg durch die Luft).
- Blechform bestimmt die Magnetisierungskennlinie, bei Legierungen mit magnetischer Vorzugsrichtung sind besondere Formen oder Schichtweisen erforderlich (U- und ED-Bleche mit verbreiteter Basis)
- magnetische Brechung der Feldlinien an Grenzflächen nutzen (magn. Brechungsindex)
- beachte geneigte Scherung der Hysterese

2.4.2 Frequenzabhängigkeit

2.4.2.1 Gleichfelder

- Aussteuerungseinfluß $\mu_{\max} B_{\text{opt}}$
- Abschirmung ist auf hohe Leitfähigkeit (Permeabilität) zurückzuführen
- beachte effektive Permeabilität, und gescherte Permeabilität
- Mehrfachabschirmungen multiplizieren die Abschirmfaktoren der Einzelabschirmungen

2.4.2.2 Wechselfelder

- Erhöhung des Schirmfaktors (\rightarrow Abstoßung im FM = schlecht; bei Abschirmgehäuse gut) infolge der induzierten Wirbelströme + Spinrelaxation, die das Feld aus der Wandung verdrängen (Eindringtiefe)

- Schirmfaktor bei 50 Hz mehr als fünfmal so hoch wie im Gleichfeld
- Schirmfaktor fällt bei Schirmen mit Öffnungen (offene Geometrie) mit steigender Frequenz ab: Doppelräumiges Abschirmgehäuse durch FM im Takt offen (Drehzahl der FKM steigt).
Im Gegensatz zu vollständig geschlossenen Schirmen = doppelräumiges Abschirmgehäuse mit geschlossener Geometrie = durch FM im Takt geschlossen, der Schirmfaktor steigt exponentiell an.
Bei geschlossenem FM mit doppelräumigem Abschirmgehäuse ist das dynamisch für das Abschirmgehäuse voll nutzbar, für die FM-Wirkung geradezu kontraproduktiv, da die Abstoßung größer wird).

Kompensation der abstoßenden Wirbelstrom- und Spinrelaxations-Kräfte im FM, siehe mechanische, elektrische und magnetische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien, z.B.:

- a) durch erhöhte Anziehungskräfte (Austauschwechselwirkung) = Feldgegensteuerung durch aktiven FM,
- b) durch mehr anziehendes weichmagnetisches Material mit $-(BH)_{max}$ und Dicke Δs einbringen (dynamische Permeabilitäts-Steuerung),
- c) Lamellenstruktur wird in der Anzahl / Dicke dynamisch angepaßt (Bild 1+2)
- d) etc.

Grenzfrequenz

Periodische Vorgänge

- Wirbelströme (Wirbelstrom-Grenzfrequenz), abhängig von Blechdicke!
- Übergang von Wirbelstromverhalten zu Spinrelaxation beachten
- Spinrelaxation (gyromagnetische Grenzfrequenz, Ursache: Dämpfung des Elektronenspins) von Blechdicke unabhängig und bei sehr geringen Blechdicken alleine maßgebend (Halbwertsfrequenz)!
- Wirbelstromanomalie:
Bei kristallinen Stoffen Einfluß der Bezirksstruktur, wenn Abstand der Blochwände in Größenordnung der Blechdicke (bei geringen Blechdicken) kommt; die Grenzfrequenz hängt dann nicht vom Quadrat der Blechdicke, sondern vom Verhältnis Blechdicke zu Blochwandabstand ab.

Bei amorphen Legierungen hängt Frequenzverhalten von Bezirksstruktur und Magnetisierungsvorgang (Drehprozesse) ab.
Anomaliefaktor kleiner als bei kristallinen Stoffen.

Ein-Ausschalt-Vorgänge

- Wirbelstrom-Zeitkonstante (wie schnell dringt nach Anlegen des Feldes (z.B. bei Impulsmagnetisierung) die Induktion bzw. der Fluß (konstante Permeabilität vorausgesetzt) in das Blech ein?

Spinresonanz

- Spinresonanz (Präzessionsfrequenz der Spins stimmt mit äußerem Wechselfeld überein)
- Verluste steigen durch Energieabsorption stark an
- Überlagerung durch starkes äußeres Gleichfeld: ferro-/ferrimagnetische Resonanz
- Zitat (4-549): Umklappen des magnetischen Moments:
"Elektronenspinresonanz Mikrowellen (GHz), Protonenkernspinresonanz 60 Mhz bis 300 MHz. Spinresonanzanordnung (4-552)"

Frequenzeinfluß auf Hystereseschleife

- mit zunehmender Frequenz wird die Schleife breiter: das Material wirkt dann magnetisch härter; magnetisch weicher Stoff hat schmale Hysterese

2.4.2.3 Eigenresonanz

- Eigenresonanzfrequenz aufgrund der Geometrie des FM (erhöhte Ummagnetisierungsverluste)

2.4.3 Blechdicke:

Dünnes Band

- Wirbelströme bewirken eine Erniedrigung der nach außen hin wirksamen Permeabilität und eine Zunahme des Verlustwinkels mit steigender Frequenz
- kleine Wirbelstromverluste und hohe Grenzfrequenz durch geringe Banddicke und hoher spez. elektr. Widerstand
- Banddicke geht quadratisch ein: Übergang auf dünnes Band besonders wirksamer Weg zur Erhöhung der Grenzfrequenz
- Tiefenabhängigkeit der Permeabilität: Sie ist nicht über den ganzen Querschnitt konstant, sondern fällt meist nach der Oberfläche hin ab

Dünne Schichten

- 30-µm Band: Permeabilitätsabfall wirbelstrombedingt
- 3-µm Band Permeabilitätsabfall durch Spirelaxation bestimmt
- Unterscheidungsfaktor 4 durch Verhältnis Sättigungsinduktion zwischen 30-µm und 3-µm Band
- CoCr Schichten: hexagonale Kristallachse als magnetische Vorzugsachse; Elementarbereiche haben säulenförmige Struktur (Ummagnetisierung: kohärente o. inkohärente Drehung)
 - a) Kristallorientierung im FM: parallel zur Schichtebene/Lamelle
 - b) Kristallorientierung in FP: senkrecht zur Schichtebene/Lamelle

2.4.4 Oberfläche:

- Oberflächenbehandlung mit Laser: Verkleinerung der Weisschen Bezirke (Domänen) → Verringerung der Wirbelstromanomalie (gezielte Oberflächendefekte zur Domänenverfeinerung → Verringerung der Verluste, Eigenerwärmung minimieren, Energie einsparen, Frequenzabhängigkeit verringern)

- Werkstoff: a) kornorientiertes Blech oder
b) Siliziumstahl mit hohem Si-Gehalt (Rascherstarrungstechnik)
6,5% SiFe
c) etc.

3. Stationärer Feldmodulator (mit/ohne Lamellierung)

Generelles Wirkprinzip des stationären FM

Die magnetische Leitfähigkeit $\mu_0\mu_r$ bzw. elektrische Leitfähigkeit $\epsilon_0\epsilon_r$ wirkt immer anziehend vermittelnd auf die Magnete bzw. Elektrode, so dass wir mit einem Feldmodulator die Permeabilität bzw. Permittivität von 0 \rightarrow max. und umgekehrt schalten und/oder verstärken/abschwächen.

Im magnetischen Fall laufen alle Stoffwirkprinzipien darauf hinaus, dass die Spinkopplung bzw. die Austauschwechselwirkung der unkompensierten inneren Elektronenschalen im Falle der Transparenz/Durchtunneln aufgehoben wird (Abschalten des Ferro-/Ferrimagnetismus), und umgekehrt: Bei eingeschaltetem Ferro-/Ferrimagnetismus können die Flußquanten den FM nicht passieren:

Das Feld der antiparallelen PM's wird, wegen hoher Leitfähigkeit des Stoffs in Relation zur Induktion B, im FM stark verzerrt. (Bild 9)

Dies hat Auswirkungen auf die Spinnomente der Domänen (Weissche Bezirke) von richtungsgeordnet bezüglich der antiparallelen Feldlinien der PM's im FM (hohe Leitfähigkeit) in statistisch verteilt / ungeordnet bzw. in paramagnetische Wirkung umgeschaltet, so als hätte man die Curie- bzw. Néel-Temperatur überschritten.

Es wird auch auf die Ausführungen aktiven FM verwiesen. (Bild 11)

FM als Feld-Schalter:

Stationär-aktive dünne Sperrschicht bei Normaltemperatur mit den FM-Typen:

1. leitend-nicht leitend-FM
2. ParaFerro-/Ferri-FM
(Schalten der Austauschwechselwirkung insgesamt,
3. etc., siehe ff.
4. M-Halbleiter-FM
Bewegung der Spinkopplung im FM-Halbleiter
(M-Feld-Transistoreffekt)
5. Tunneleffekt-FM.
6. etc., siehe ff.

Bei diesen FM-Versionen kommt es besonders auf den Energieverbrauch beim an (normalerweise $E=0$, da wechselwirkungsfreie Flußquanten im Grundzustand), da der FM permanent zwischen den antiparallelen PM's als Sperrschicht wirkt und in seiner Wirkung an - und abgeschaltet wird.

Das Schalten des FM erzeugt eine hochgradig nichtlineare Stoßwellen-Dynamik: kleine Schwankungen in den Eingangsgrößen des Energie-Systems (FM Ein/Aus) haben sehr große Veränderungen der Ausgangsgrößen zu Folge (nichtlineare Solitonen-Abstoßungs-Stoßwelle der PM's).

Geometrie des FM mit/ohne Abschirmgehäuse:

- a) offene Geometrie und ggf.
- b) weichmagnetisches doppelräumiges Abschirmgehäuse (magnetischer Nebenschluß, im Takt offene/geschlossene Geometrie):
vgl. Wechselfelder.

Stationärer Verschuß = FM-Platte bewegt sich nicht:

"AUF" = transparent für magnetischen Fluß (Flußquanten "tunneln" den FM) oder) ./.

"ZU" = intransparent für magnetischen Fluß.

Geometrie und Form des FM-Gehäuses:

Prinzipien wie schon beim inematischen FM (offene/geschlossene Abschirm-Geometrie) beschrieben.

Beachte besonders Abschirmwirkung = Abstoßungswirkung bei Wechselfeldern (Erhöhung des Schirmfaktors infolge induzierter Wirbelströme).

Auch hier können Ferro-/ferrimagnetische Stoffe eingesetzt werden, je nach gewünschtem Effekt.

Die einzelnen Möglichkeiten zur Flußsteuerung in der FM-Schicht werden nun erläutert:

3.1 Permeabilität-Induktion-FM

Die Schaltung erfolgt durch longitudinaler Verschiebung der PM's um Δs zur Symmetrieebene des FM mit der Folge der Erniedrigung der örtlich *wirksamen* Induktion (starker Abfall der Induktion-Kurve mit Δs).

Damit wird der Wirkungspunkt auf der Permeabilität-Induktions-Kennlinie verschoben und der stationäre FM schaltet zwischen "Zu" bei $\Delta s = 0$ und "Auf" bei $\Delta s = \Delta s$, womit sich die Permeabilität stark ändert (FM: Intransparent \rightarrow transparent). (Bild 12)

$$\Delta s \rightarrow -\Delta B: B_{\max} \rightarrow B_{\text{opt}} \rightarrow B_{\max}$$

- a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung:
Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub ΔH und Induktionshub ΔB (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne = Impulsdauer).
- b) Impulsdraht:
FM-Struktur (z.B. integrierte oder außenliegende Spule) mit Impulsdraht
 - Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.
- c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse:
 - Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
 - Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle wegen geringer dynamischer Ummagnetisierungsverlusten
- d) Konventionelle Hochfeldspule

3.5 Hardmagnetischer Induktions-FM

- Hartmagnetischer Stoff hat unmagnetisiert Permeabilität $\mu \approx 1$ (!)
= transparent = FM "AUF".

Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende antiparallel angeordnete magnetisierte FM-Platten je ein anziehendes Gegenfeld zur Erzeugung des Gleichgewichtes gegenüber dem jeweilig abstoßenden Magneten \rightarrow FM = ZU.

- Impulsmagnetisierung.
 - a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung:
Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub ΔH und Induktionshub ΔB (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne = Impulsdauer).
 - b) Impulsdraht:
FM-Struktur (z.B. integrierte oder außenliegende Spule) mit Impulsdraht
 - Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.
 - c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse
 - Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
 - Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle wegen geringer dynamischer Ummagnetisierungsverlusten

3.6 Induktionsstrom-FM

Induzierung eines Stromes / Stromimpulses in einem leitenden Teil (Al-,Cu-Ring) → Wirbelstrom →

1. Abstoßung beim Einschalten
2. Anziehung beim Ausschalten

Der Stromfluß in den Ringen muß so orientiert sein, daß die Feldwirkung auf die PM's im geschlossenen Zustand anziehend wirkt.

3.7 Grenzfrequenz-FM

Bei Überschreiten der Grenzfrequenz fällt die Permeabilität sprunghaft.

Periodische Vorgänge

- Wirbelströme (Wirbelstrom-Grenzfrequenz)
- Spinrelaxation (gyromagnetische Grenzfrequenz, Ursach: Dämpfung des Elektronenspins)

Ein-Ausschalt-Vorgänge

- Wirbelstrom-Zeitkonstante (wie schnell dringt nach Anlegen des Feldes (des Stromimpulses) die Induktion bzw. der Fluß (konstante Permeabilität vorausgesetzt) in das Blech ein?)

3.8 Spinresonanz-FM

FM-Schaltvorgang: Spinnomente in der Richtung des Feldes / der Feldlinien (AUF) oder senkrecht zum Fluß (ZU) ändern / umklappen.

- Überlagerung durch starkes äußeres Gleichfeld:
 - ferro-/ferrimagnetische Resonanz
- Spinresonanz-FM = Spin-Richtungs-Schalter: Spins klappen um
- Spinresonanz (Präzessionsfrequenz der Spins stimmt mit äußerem Wechselfeld überein) → Verluste steigen durch Energieabsorption stark an

3.9 ParaFerro-/FerriFM

Die ferro-/ferrimagnetischen Atome sind alleine paramagnetisch. Erst ab einer Schicht von ca. 6 Atomlagen bildet sich durch die Austauschwechselwirkung = Überlagerung der unkompensierten inneren Elektronenschalen Ferro-/ferrimagnetismus wie im Festkörper aus.
→ Bindung = Kopplung.

Eine schaltbare Sperrschicht sorgt dafür, dass sich Ferro-/ferrimagnetismus = Kopplung (innere Elektronenschalen-Austauschwechselwirkung) von außen gesteuert ausbildet bzw. in ihrer Lage weiterbewegt wird oder die Struktur paramagnetisch bleibt.

FM transparent = paramagnetisch = keine Leitfähigkeit = "AUF":

→ Flußquanten durchqueren die Sperrschicht.

FM intransparent = ferro-/ferrimagnetisch = hohe Leitfähigkeit = "ZU":

→ Flußquanten können die Sperrschicht nicht durchqueren, sie werden umgeleitet.

Bei kristallinen Stoffen müssen die spontan magnetisierten Domänen durch aktive Sperrschichten mitgeschaltet werden - amorphe Stoffe haben keine Kristallkörner aber Domänen, da wirkt die Sperrschicht ohne Korngrenzen direkt bei den Atomlagen.

Die FM-Schaltvorgänge sollten bistabil sein, da dann Energie während der PM-Bewegung gespart werden kann.

4. M-Halbleiter-FM

4.1 FM-Magnetronik vs. Elektronik

Grundlagen der magnetischen Halbleiter

Begriffe: - Elektron: elektrische Elementarladung

- Defektelektron: im Atom fehlendes Elektron von äußeren Schalen = Loch

- Bohrsches Magneton (Magnetonenzahl = Maßeinheit für lokale Elementarmagnete, den Elektronen-Spinmomenten)
= Zahl der magnetisch wirksamen Elektronen der magnetisch unkompenzierten inneren Elektronenschale je Atom. Diese sind nur eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für den Ferromagnetismus (Sättigungspolarisation).

- Elementar-Magnetron = Kopplung zwischen zwei Spinmomenten = Elementar-Maßeinheit (Feld-Quanten, keine Teilchen) und quantifizierbar, siehe auch Flußquant.
Im magnetischen Halbleiter werden statt Elektronen und Löcher magnetische Bindungen = magnetische Kopplungen und magnetische Löcher bewegt.
→ Magnetischer Halbleiter und magnetischer Transistor etc.

- Elementar-Magnetron-Loch: fehlende Kopplung zwischen zwei Spinmomenten

- Magnetron: Bindung der Spinmomente = Kopplung über Austauschwechselwirkung zum relativen Atomabstand (→ Bethe-Slater-Kurve) (Kraftwirkung durch Überlappung der Elektronenschalen und damit verbundener Austausch von Elektronen unter benachbarten Atome bzw. Ionen.
Kopplungskräfte bewirken, daß sich Atommagnete parallel stellen = Ferromagnetismus; es addieren sich die Momente der einzelnen Atome.

Die Kopplung/Bindung/Austauschwechselwirkung ist die hinreichende Voraussetzung für Ferromagnetismus.

Das Magnetron ist bei uns ein Kopplungs"träger" = Ferro-Magnetisierungs-Gruppe.

Beachte Spinstellung und Kopplung bei *Ferrimagnetismus*.

- Magnetron-Loch: fehlender Kopplungs-"träger"
= Defekt-Magnetron = Defekt-Spinmoment-Kopplungs-Gruppe

4.1.1 Magnetische Feld-Leitfähigkeit von Festkörpern:

Die magnetischen Analogieen wurden aus dem Text von (11-116 ff.) entwickelt. Zahl und Magnetronen-Beweglichkeit (Beweglichkeit der Austauschwechselwirkung) und spontan magnetisierten Domänen in den verschiedenen Stoffen, bestimmen ihre spezifische Eignung zur Leitung des Magnetstromes (Flußquanten).

M-Leiter ($\mu > 1 + \max$)	M-Halbleiter	M-Nichtleiter = M-Isolatoren ($\mu \approx 1$)
Ferromagnetikum	Germanium	Ferromagnetikum
Ferrimagnetikum	Silizium	Ferrimagnetikum
	Galliumarsenid	
	Wirtskristalle	

Magnetische Metalle, magnetische Isolatoren, magnetische Halbleiter

Magnetische Leiter (\rightarrow Magnetikum)

In magnetischen Metallen (Ferromagnetismus) ist die Zahl der gebundenen magnetischen Flußträger (Elektronen-Spinmoment-Kopplung der inneren unkompenzierten Schalen = Elementar-Magnetron) groß, die Magnetronen-Beweglichkeit (Verschiebung / Drehung von Spinmoment-Kopplungs-Gruppe bzw. Domänen) ist verschieden, je nach hart- (schwer) oder weich-magnetisch (leicht).

Magnetische Isolatoren (\rightarrow Dimagnetikum)

In magnetischen Isolatoren (Paramagnetismus) ist die Zahl der durch Austauschwechselwirkung gebundenen Spinkopplungen = Magnetronen praktisch Null (Fe-Einzelatom = paramagnetisch) und dementsprechend die magnetische Leitfähigkeit wegen fehlender Spinmoment-Kopplungen (= Magnetronen) verschwindend klein.

Magnetische Halbleiter

Die magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern liegt zwischen den von magnetischen Metallen und magnetischen Isolatoren, sie ist stark abhängig von Druck (beeinflusst Beweglichkeit der magn. Flußträger = Magnetronen), Temperatur (Zahl und Beweglichkeit der Magnetronen, äußere Feldeinstrahlung (Zahl der Magnetronen), und zugeführten Fremdstoffen (Zahl und Art der Magnetronen).

Dotierung

Durch Dotieren (kontrollierter Einbau von magnetisch wirksamen Fremdstoffen) läßt sich die magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern definiert und lokalisiert einstellen. Dies ist die Grundlage des magnetischen Feld-Halbleiter-FM als Bauelement des FKG.

4.1.2 Magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern:

Wir nehmen einen magnetischen Nichtleiter z.B. Silizium ohne freie magnetische Spinmoment-Kopplung (nicht das Spinmoment alleine, sondern die Spinmoment-Kopplung über Austauschwechselwirkung führt zu Ferromagnetismus).

M-N-Dotierung

M-N-Dotierung: Einbau von Fremdatomen mit einer freien magnetischen Spinmoment-Kopplung, d.h. das Atom muß ein magnetisches Spinmoment mehr haben als das M-Isolator-Atom. Jedes eingebaute Fremdatom liefert also ein freies, "negatives" Spinmoment und zugehörige Bindung (=magnetische Kopplung). Der M-Isolator wird magnetisch M-N-leitend.

M-P-Dotierung

M-P-Dotierung: Einbau von Fremdatomen mit einer fehlenden Spinmoment-Kopplung, d.h. das eingebaute Fremdatom erzeugt magnetische Kopplungslücken ("positiv" magnetische "Löcher" = Magnetronen-Löcher), denn zur vollständigen Kopplung mit dem Nachbaratom über Austauschwechselwirkung fehlt dem Fremdatom ein "positives" Spinmoment. Diese Bindungslücke heißt magnetisches Loch oder Defekt-Magnetron. M-Löcher sind im M-Isolator beweglich; in einem magnetischen Feld wandern sie in entgegengesetzte Richtung wie die M-Kopplungen. M-Löcher verhalten sich wie freie positive M-Kopplungen. Jedes eingebaute Fremdatom liefert also ein freies, positiv magnetisierte Defekt-Magnetron (magnetisches Loch). Der magnetische Isolator wird magnetisch M-P-leitend.

Magnetische Eigenleitung

Durch Wärmezufuhr oder Feldeinwirkung werden auch in undotierten M-Isolatoren freie magnetische Flußträger = Magnetronen erzeugt: Spinmoment-Spinmoment-Loch-Paare, die zu einer Eigenleitfähigkeit des M-Isolators führen.

4.2 M-PN-Übergang / Grenzbereich im magnetischen Halbleiter

Der Grenzbereich zwischen einer M-P-leitenden Zone und einer M-N-leitenden Zone im selben Halbleiterkristall wird M-PN-Übergang genannt.

M-PN-Übergang ohne äußere magnetische Spannung:

Im M-P-Gebiet sind sehr viele magnetische Löcher (○), im M-N-Gebiet extrem wenige; im M-N-Gebiet sind sehr viele Magnetronen (●), im M-P-Gebiet extrem wenige. Dem Konzentrationsgefälle folgend diffundieren magnetische Flußquanten = Magnetronen ins jeweils andere Gebiet (magnetische Diffusionsströme).

Durch den Verlust an magnetischen Löchern (Kopplungs-Lücken) magnetisiert sich das MP-Gebiet magnetisch negativ auf; durch den Verlust an magnetischen Kopplungen magnetisiert sich das M-N-Gebiet magnetisch positiv auf.

Dadurch bildet sich zwischen M-P- und M-N-Gebiet eine magnetische Spannung aus (Diffusionsspannung), die der magnetischen Kopplungs(träger)wanderung = Magnetronenwanderung entgegenwirkt. Der Ausgleich von magnetischen Löchern = Magnetronen-Löcher und magnetischen Kopplungen = Magnetronen kommt hierdurch zum Stillstand. Ergebnis: Am M-PN-Übergang entsteht eine an beweglichen Kopplungen(träger) verarmte, magnetisch schlecht leitende Zone, die Raummagnetisierungszone oder Sperrschicht, in ihr herrscht ein starkes magnetisches Feld.

M-PN-Übergang mit äußerer magnetischer Spannung (Bild 13):

Sperrfall (1) : Magnetischer Minuspol am M-P-Gebiet und magnetischer Pluspol am M-N-Gebiet verbreitert die magnetische Raummagnetisierungszone: Infolgedessen ist der magnetische Stromfluß gesperrt bis auf einen geringen Rest (M-Sperrstrom), der von den Minorität-Magnetisierungsträgern herrührt.

Durchlassfall (2): Magnetischer Pluspol am M-P-Gebiet und magn. Minuspol am M-N-Gebiet baut die Sperrschicht ab. Kopplungen(träger) = Magnetronen überschwemmen den M-PN-Übergang, und es fließt ein großer magnetischer Strom in Durchlassrichtung.

Durchbruchsspannung: Magnetische Spannung in Sperrichtung, von der ab eine geringe magnetische Spannungserhöhung einen steilen Anstieg des magnetischen Sperrstroms hervorruft.

Ursache: Herauslösen gebundener Elektronen mit Spinnmoment aus dem Kristallgitter in der Raummagnetisierungszone infolge hoher M-Feldstärke oder infolge von Stößen beschleunigter Elektronen, die andere Elektronen aus ihren Bindungen der inneren Elektronenschalen schlagen (es entstehen magnetische Löcher, weil koppelnde Spinnmomente fehlen), was zu lawinenartiger Kopplungs(träger)vermehrung = Magnetronenvermehrung führt (Lawinendurchbruch).

4.3 Diskrete Magnet-Halbleiterbauelemente

4.3.1 M-Typen

Ein M-PN-Übergang führt zu M-Dioden, zwei M-PN-Übergänge führen zu M-Transistoren, drei und mehr Übergänge zu M-Thyristoren.

Funktionen von M-Halbleiter-Bauelementen (Feldmodulatoren)

M-Diode: Eine M-Halbleiterdiode leitet, wenn man sie in Durchlassrichtung polt, und sie sperrt den magnetischen Strom (Flußquanten), wenn sie entgegengesetzt gepolt ist.

M-Transistor: M-Transistoren sind verstärkende aktive oder schaltbare M-Halbleiterbauelemente, man kann sie in bipolare und unipolare M-Transistoren einteilen.

M-Thyristor: M-Thyristoren sind magnetisch schaltbare Bauelemente, mit vier aufeinander folgenden M-Halbleiterzonen wechselnder M-Leitungsart: M-PNPN.

Der M-Thyristor wirkt wie eine M-Diode, sobald M-Gatestrom fließt.

4.3.2 M-Dioden

M-Halbleiterbauelement mit einem M-PN-Übergang. Das spezifische Verhalten wird durch den jeweiligen Verlauf der Dotierungskonzentration im Kristall bestimmt.

M-Gleichrichterdiode

Sie wirkt wie ein Magnetstromventil und ist deshalb das geeignete Bauelement zur Gleichrichtung von magnetischen Wechselströmen. Der Magnetstrom in Sperrichtung (M-Sperrstrom) kann etwa 10^7 mal kleiner sein als sein M-Durchlassstrom. Er wächst mit steigender Temperatur stark an.

M-Gleichrichter für hohe M-Spannungen

Hohe magnetische Sperrspannung erfordert, dass mindestens eine M-Zone niedrige magnetischer Leitfähigkeit hat (hoher magnetischer Widerstand in Durchlassrichtung und damit zu starke Erwärmung). Durch Einschalten einer sehr schwach dotierten Zone zwischen hoch dotierten M-P- und M-N-Zonen entsteht ein M-PIN-Gleichrichter, der hohe magnetische Sperrspannung, aber niedrigen magnetischen Durchlasswiderstand hat:
→ magnetische Leitfähigkeitsmodulation.

M-Schaltdiode

Vorzugsweise für rasches Umschalten von niedriger magnetischer Impedanz (Scheinwiderstand = Vektorsumme der M-Einzelwiderstände) und umgekehrt. Die Schaltzeit wird durch zusätzliche Diffusion von Stoffen, die die Rekombination von Magnetronen und M-Löchern begünstigen, verkürzt.

M-Z-Diode

Magnetische Halbleiterdiode, bei der im Fall wachsender magnetischer Spannung in Rückwärtsrichtung von einer bestimmten magnetischen Spannung ab ein steiler Anstieg des magnetischen Stroms infolge Lawinendurchbruchs eintritt. M-Z-Dioden werden für Dauerbetrieb in diesem Bereich konstruiert.

M-Kapazitätsdiode

Die magnetische Raumladungszone am M-PN-Übergang wirkt wie ein magnetischer Kondensator; Dimagnetikum ist das von Magnetisierungsträgern entblößte magnetische Halbleitermaterial. Erhöhung der angelegten magn. Spannung verbreitert die M-Sperrschicht und verkleinert die M-Kapazität; magnetische Spannungserniedrigung vergrößert die magnetische M-Kapazität.

M-Absorptionsdiode

M-Halbleiterdiode, bei der der M-Sperrschichtabsorptionseffekt ausgenutzt wird. Am M-PN-Übergang liegt magnetischer Sperrspannung. Einfallender magnetischer Fluß löst Elementar-Magnetronen aus den M-Bindungen. Es entstehen dadurch zusätzlich freie Elementar-Magnetronen und Elementar-Magnetronen-Löcher. Sie erhöhen den magnetischen Sperrstrom proportional zum Einfall des magnetischen Flußes.

4.3.3 M-Transistoren

4.3.3.1 M-Vertärkung (Stom, Spannung, Leistung) / M-Schaltung des FM-Transistors (Transistoreffekt = Kopplungseffekt)

Zwei eng benachbarte magnetische M-PN-Übergänge führen zum magnetischen M-Transistoreffekt und zu M-Bauelementen (Feldmodulatoren), die magnetische Signale verstärken oder als magnetische Schalter wirken. Es gibt bipolare und unipolare Transistoren.

Verstärkung / Schaltung magnetischer Ströme (U) und Spannung (Θ) mit magnetisch dotierten Grenzsichten (FM-Basis) (PN-, PNP-, NPN-FM-Übergänge). Gesperrter PN-Übergang (Basis-Kollektor (N)) durch Injektion von magnetischen Flußträgern Θ (Kopplung durch magn. Spinnomente dotieren) magnetisch leitfähig machen (Leitfähigkeit = Permeabilität $\mu = \mu_0 \mu_r$; magn. Widerstand $R_m = 1/\mu$) + Diffusion von magnetischen Flußquanten Φ_0 (Kopplungen) durch die Sperrschicht.

In einem M-PNP-FM-Transistor sind es magnetische Flußquanten-Löcher (Φ_0 Mangel, Kopplungs-Löcher), die vom magnetischen Emitter (P) in die dünne FM-Basissschicht gelangen, von hier durch magnetische Diffusion in das Gebiet des gesperrten M-PN-Übergangs kommen und dort durch das magnetische Feld zum magnetischen Kollektor (N) angezogen werden.

Verstärkungsfaktoren bei Elektronen-Transistoren (6-194)

Faktor	Emitterschaltung	Kollektorschaltung	Basisschaltung
Spannung	groß, z.B 200	klein (< 1)	groß, z.B 200
Strom	groß, z.B 200	groß, z.B 200	klein (< 1)
Leistung	sehr groß, z.B 40000	groß, z.B 200	groß, z.B 200

M-Sperrschicht ist die magnetische Basis für den

- Übergang zwischen parallelen Spins, FKG-Symbol ($\Rightarrow | \Rightarrow$) = Steuerung der Anziehung, oder
- Übergang zwischen antiparallelen Spins, FKG-Symbol: ($\Rightarrow | \Leftarrow$) = Steuerung

Magnetischer Fluß Φ ist zeitlich konstant (deshalb auch hier Grundzustand mit $E=0$) und beträgt ein ganzzahliges Vielfaches vom magnetischen Flußquant Φ_0 .

M-Transistor als Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom U_B verursacht beim M-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom U_C . Dies nennt man Magnetstrom-Verstärkung. Ein M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (Θ) und Leistungsverstärker betrieben werden.

M-Transistor als Schalter

M-Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in der *magn. Sättigung (magn. leitend)* oder sind gesperrt (*magn. nichtleitend = magnetisch transparent*).

M-Transistorarten analog (6-188)

Zitate (3) zum elektrischen Pendant Elektronen-Transistor:

"Transistor: Steuerung und Verstärkung elektrischer Stöme / Spannungen mit dotierten Grenzschichten (Basis) (pn-, pnp-, npn-Übergänge). Gesperrter pn-Übergang (Basis-Kollektor) durch Injektion von Ladungsträgern leitfähig machen (+ Diffusion von Ladungsträgern). In einem pnp-Transistor sind es Löcher, die vom Emitter in die dünne Basissschicht gelangen, von hier durch Diffusion in das Gebiet des gesperrten pn-Übergangs kommen und dort durch das elektrische Feld zum Kollektor abgesaugt werden.

Transistoren

Ein kleiner Basisstrom I_B verursacht beim Transistor einen großen Kollektorstrom I_C . Dies nennt man Stromverstärkung.

Ein Transistor kann als Spannungsverstärker betrieben werden.

Transistor als Schalter (6-192)

Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in Sättigung (leitend) oder sind gesperrt (nichtleitend)."

4.3.3.2 M-Bipolar-Transistor

Der M-Transistor besteht aus 3 übereinanderliegenden M-Halbleiterschichten. Mittlere Zone = M-Basis, die beiden äußeren M-Emitter und M-Kollektor. M-Emitter sendet Magnetronen als Träger aus, die vom M-Kollektor wieder angezogen werden. Die M-Basis-Emitter-Strecke ist im M-Transistorbetrieb in Magnetfeld-Durchlassrichtung, die M-Basis-Kollektor-Strecke in Magnetfeld-Sperrichtung gepolt.

Im magnetischen M-NPN-Transistor steuern positive Kopplungsträger (Magnetronen Löcher) des M-Basisstromes die x-fache Menge von negativen Kopplungsträgern (Magnetronen), die vom M-Emitter zum M-Kollektor fließen.

Wirkungsweise erklärt für M-NPN-Transistor (Bild 14)

Der M-Emitter-Basis-Übergang (M-EB) wird in M-Durchlassrichtung gepolt. Dadurch werden Magnetronen in die Basiszone injiziert.

Der M-Basis-Kollektor-Übergang (M-BC) wird in Sperrrichtung gepolt.

Dadurch bildet sich eine magnetische Raumladungszone mit starkem magnetischem Feld aus. Eine merkliche magnetische Kopplung (M-Transistoreffekt) tritt ein, wenn die beiden M-PN-Übergänge sehr nahe beieinander liegen (im Silizium $\approx 10 \mu\text{m}$).

Dann diffundieren die bei M-EB injizierten Magnetronen durch die M-Basis zum M-Kollektor. Sobald sie in die Reichweite des magnetischen Feldes von M-BC kommen, werden sie ins M-Kollektorfeld hinein beschleunigt und fließen als M-Kollektorstrom weiter. Das Konzentrationsgefälle in der M-Basis bleibt also bestehen und damit auch die Ursache für weitere Magnetronenwanderungen vom M-Emitter zum M-Kollektor. Es wandern 99% und mehr aller vom M-Emitter ausgehenden Magnetronen in die magnetische Raumladungszonen und werden zum M-Kollektorstrom. Die wenigen fehlenden Magnetronen sind beim Durchwandern der M-P-dotierten M-Basis in die dort befindlichen Magnetronenlücken geraten. Sofern nichts anderes geschieht, magnetisieren sie die M-Basis negativ auf, und durch Abstoßungskräfte würde binnen kürzester Zeit (50 ns) das Nachfließen weiterer Magnetronen überhaupt verhindert. Ein kleiner M-Basisstrom aus positiven Magnetträger (Magnetronen Löcher) kompensiert beim M-Transistor diese negative Magnetisierung ganz oder teilweise. Kleine Änderungen im magnetischen Basisstrom bewirken somit große Änderungen im magnetischen Emitter-Kollektor-Strom. Der M-NPN-Transistor ist ein bipolares magnetstromgesteuertes, verstärkendes magnetisches Halbleiterbauelement.

4.3.3.3 M-Feldeffekt-Transistor

Bei diesem Typ wird der Magnetstrom in einem magnetisch leitenden Kanal im Wesentlichen durch ein magnetisches Feld gesteuert, das durch eine über eine magnetische Steuer magnetrode angelegte magnetische Spannung entsteht. Im Gegensatz zum bipolaren M-Transistor arbeiten M-Feldeffekt-Transistoren nur mit Magnetträgern einer Sorte (Magnetronen oder Magnetronen Löcher), daher auch die Bezeichnung M-Unipolartransistoren. Sie unterscheiden sich in

- a) M-Sperrschicht-Feldeffekt-Transistoren (MSFET)
- b) M-Isolierschicht-Feldeffekt-Transistoren (MIFET)

Wirkungsweise Sperrschicht M-Feldeffekt-Transistor (MSFET) (Erklärt für M-N-Kanal-Typ) (M-NMOS: Bild 15)

An den Enden eines M-N-leitenden Kristalls liegt M-Gleichspannung. Magnetronen fließen von M-Source zu M-Drain. Die Breite des Kanals wird mit zwei seitlich eindiffundierten M-P-Zonen und der an diesen anliegenden negativen M-Spannung bestimmt. Erhöht man die negative M-Gate-Spannung, dehnen sich die M-Raummagnetisierungszonen stärker in den Kanal hinein aus und schnüren die Magnetstrombahnen ein. Die magnetische Spannung an der Steuer magnetrode G steuert somit den Magnetstrom zwischen M-Source S und M-Drain D. Für die Funktion des MSFET sind nur Magnetträger einer Polarität notwendig (Magnetronen oder Magnetronen-Löcher). Die Steuerung des Magnetstromes erfolgt nahezu leistungslos. Der Sperrschicht MSFET ist also ein unipolares magnetspannungsgesteuertes Bauelement.

Wirkungsweise eines Isolierschicht M-Feldeffekt-Transistors (MIFET)
(Erklärung für M-P-Kanal-Anreicherungs-Typ) (M-PMOS: Bild 16)

MIFET = M-PMOS-Transistor: Schichtenanordnung:

Magnetic Metal-Magnetic Oxide-Semiconductor.

Bem: Beim MOS: Oxidschichten isolieren elektrisch; beim MMOS sind es magnetische Oxidschichten aus magnetischen Isolatoren).

Ohne magnetische Spannung an der Gate-Magnetrode fließt zwischen M-Source und M-Drain kein magnetischer Strom: die M-PN-Übergänge sperren. Durch eine magnetisch negative Spannung am M-Gate werden im M-N-Gebiet unter dieser Magnetode die Magnetronen in das Kristallinnere verdrängt und Magnetronen Löcher - die ja als Minoritätsmagnetisierungsträger auch im M-N-Silizium immer vorhanden sind - an die Oberfläche gezogen. Es entsteht immer eine schmale M-P-leitende Schicht unter der Oberfläche; ein M-P-Kanal.

Zwischen den beiden Gebieten (M-Source und M-Drain) kann jetzt magnetischer Strom fließen. Er besteht nur aus Magnetronen Löchern. Da die magnetische Gate-Spannung über eine magnetisch isolierende Oxidschicht wirkt, fließt kein magnetischer Strom im Steuerkreis: die Steuerung erfolgt leistungslos. Der MIFET-Transistor ist also ein unipolares, magnetspannungsgesteuertes Bauelement.

Im M-Feldeffekt-Transistor steuert ein magnetisches Feld quer zum Kanal den magnetischen Widerstand der Source-Drain-Strecke.

In M-Feldeffekt-Transistoren steuert die magnetische Gate-Source-Spannung praktisch leistungslos den magnetischen Drainstrom.

Bei der magnetischen Gate-Source-Spannung null fließt in einem selbstleitenden M-Feldeffekt-Transistor schon ein magnetischer Drainstrom, während bei einem selbstsperrenden M-FET der magnetische Drainstrom null ist.

IG: Isolated Gate = isoliertes Tor, M-Isolierschicht-FET.

Die Gate-Isolierung erreicht einen extrem hohen magnetischen Eingangswiderstand, der unabhängig von der Höhe und Polarität der magnetischen Gatespannung ist.

Ist bei M-IG-FET ohne M-Gate-Source-Spannung ein magnetisch leitfähiger Kanal vorhanden, spricht man von magnetisch selbstleitenden M-FET.

Selbstsperrende M-FET besitzen ohne magnetische Gate-Spannung noch keinen magnetisch leitfähigen Kanal. Dieser entsteht erst durch eine geeignet gepolte magnetische Gate-Source-Spannung.

Anreicherungs-M-IG-FET sind selbstsperrend.

Verarmungs-M-IG-FET sind selbstleitend.

Es gibt noch M-PMOS, M-NMOS, M-CMOS-Transistoren, (M-CMOS: Bild 17) und M-DMOS mit BCD-Mischprozeß (Bipolar/M-CMOS/M-DMOS.

4.3.4 M-Thyristoren

Drei aufeinanderfolgende M-PN-Übergänge führen zum magnetischen Thyristoreffekt und zu magnetischen Bauelementen, die - durch magnetische Signale getriggert - wie M-Kippschalter wirken. Die Benennung "magnetischer Thyristor" wird als Oberbegriff für alle Arten von magnetischen Bauelementen benutzt, die von einem Sperrzustand in einen Durchlasszustand (oder umgekehrt) umgeschaltet werden können:

M-Thyristor-Arten:

M-Vierschichtdiode

M-Thyristoren mit Steueranschluß

M-GTO-Thyristor (GTO Gate Turn Off)

M-Triac (M-Zweirichtungs-Thyristordiode)

4.4 Ergebnis /Ausblick

E-Halbleiter-Bauelemente

Abschließend sei noch vermerkt, dass die Magnetronik sinngemäß und phänomenologisch auch auf Ferroelektrizität übertragen werden kann; hier basieren die Kopplungsträger nicht auf Spinnmomenten, sondern auf Oberflächenladungen der Kristalle, die die elektrisch spontane Polarisation in den Domänen bewirken.

Auch diese ferroelektrischen Systeme können als Feldmodulator ausgebildet werden; entscheidend ist: es fließen keine Elektronen, sondern D-Flußquanten, d.h. statt der magnetischen Induktion B besteht die elektrische Verschiebungsdichte D.

D-Thyristor-Arten:

D-Vierschichtdiode

D-Thyristoren mit Steueranschluß

D-GTO-Thyristor (GTO Gate Turn Off)

D-Triac (E-Zweirichtungs-Thyristordiode)

Supra-Halbleiter

Der Supraleiter hingegen ist ein elektrisches System und benutzt "Cooper-Paare" als "gebundene" Leitungselektronen; die hierzu passenden "Cooper-Loch-Paare" entstehen durch fehlende "Cooper-Paare" in einem Supra-Halbleiter. Ein Supra-Halbleiter ist aus einem Nichtleiter-Kristall mit dotierten Supraleiterstoff-Atomen (Cooper-Paar oder Defekt-Cooper-Paar) aufgebaut und kann so als Supraleiter Semiconductor Bauelement eingesetzt werden, auch um als Feldmodulator ausgebildet zu werden.

Das Atom muß ein antiparalleles Elektronen-Paar zuviel (Elektronen-Paar) oder zu wenig haben (Elektronen-Loch-Paar).

Daraus entstehen die "gebundenen" Leitungselektronen und Löcher im Supra-Halbleiter.

Es sind auch elektrische Supraleiter mit und elektrische Supra-Halbleiter herstellbar mit D-Feld.

Weiter Anwendung

Die magnetischen und elektrischen Feld-Halbleiter können auch als Semiconductor Bauelemente in magnetischen oder elektrischen Feld-Schaltkreisen mit Feld-Strömen statt Elektronen-Stömen, genutzt werden

Auch Supra-Feld-Halbleitern können als Bauelemente in magnetischen oder elektrischen Feld-Schaltkreisen genutzt werden.

5. Tunnel-FM

Magnetische / elektrische Tunneleffekt-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

Die magnetischen Analogieen wurden auf Basis des Textes von (3-540 ff.) entwickelt.

Das Tunneln von magnetischen Flußquanten durch eine sehr dünne magnetische FM-Sperr-/Isolierschicht erfolgt aufgrund einer magnetischen Spannung und Energielücke. Die Elektrische Ladung Q (Verschiebungsfluß) entspricht im Falle des magnetischen Tunnel-FM dem magnetischem Fluß $\Theta = B \cdot A$.

SIS-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und sehr *dünner* I-Schicht:

- + magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)
- + elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

FM-Schalfunktion analog:

- a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c
- b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion zwischen Normaltemperatur T und T_c

Steuerung des Tunneleffektes

In dieser aktiven Version des FM werden magnetische Felder benutzt; aber nicht als Hilfsfelder zur Verstärkung der anziehenden Wirkung oder zur Kompensation von negativen Kräften etc., sondern nur als generelles Grundprinzip zur Schaltung des FM: Das Magnetfeld steuert die Transparenz der FM- Schicht für die magnetischen Flußquanten.

Zur Herstellung des schaltbaren Tunneleffektes gibt es verschieden Varianten. Stoff-Struktur:

- a) Supraleitender Stoff der FM-Struktur (mit offener Geometrie) ohne kinematische Bewegung.
- b) Dünne FM-Isolatorschicht

Modell Magnetische Analogie: Magnetische Energielücke und M-Supraleiter-Tunnelstrom (Flußquanten).

Wir können diese Analogie bilden, weil allen elektrischen Größen magnetische Größen gegenüber stehen:

Zwei magnetisch leitende Metalle sind voneinander getrennt durch eine so dünne magnetische Isolierschicht (FM-Dimagnetikum), daß die durch Anlegen einer magnetischen Spannung beschleunigten Flußquanten durch diese magnetische Isolierschicht hindurchtunneln können. Für normalleitende magnetische leitende Metalle findet man den erwarteten steilen Anstieg des

magnetischen Tunnelstroms = Flußquanten mit angelegter magnetischer Spannung. Ist eines der magnetisch leitenden Metalle magnetisch supraleitend, so beobachtet man unterhalb einer Spannung Θ_0 einen deutlich geringeren magnetischen Tunnelstrom = Flußquantenstrom, weil nur der normalleitende Anteil der Magnetronen (m) für den magnetischen Tunnelstrom zur Verfügung steht. Der Wert $m\Theta_0$ ist die auf ein Magnetron entfallende Energie, die bei der Bildung des Magnetronen-Paares = Spinmoment-Kopplung durch Polarisation) frei wird. Die Bildungsenergie für das doppelt magnetisierte (geladene) Magnetronen-Paar, die "Energieslücke", ist $\Delta E = 2m\Theta_0$.

Die Energieslücke ist temperaturabhängig.

Magnetische Analogie zum SIS-Kontakt:

Wenn die beiden durch eine magnetische Isolierschicht (FM-Dimagnetikum) getrennten magnetisch leitenden Metalle aus demselben magnetisch leitenden Supraleiter bestehen, die Temperatur T unterhalb T_c liegt und die magnetische Isolierschicht dünn genug ist ($< 1 \text{ nm}$), dann ist das ein magnetischer SMISM-Kontakt (SupraleiterMagnet-Isolator-SupraleiterMagnet), durch den auch magnetische Flußquanten-Paare hindurchtunneln können = Spinmoment-Kopplungen + vgl. magn. Oberflächenpolarisation durch Transfer.

Magnetische Analogie zum Gleichstrom-Josephson-Effekt (GE):

GE entsteht, wenn dem magnetischen Element (SMISM-Kontakt) ein schwacher magnetischer Gleichstrom aufgeprägt wird. Unterhalb einer kritischen magnetischen "Stromstärke" (= induzierte Spannung) U_c erzeugt der magnetische "Supraleiterstrom" U_s im M-Element keine magnetische Potentialdifferenz, d.h. es tunneln magnetische Fluß-Paare = Spinmoment-Kopplungen ohne die Hilfe eines magnetischen Feldes durch die magnetische Isolierschicht = Dimagnetikum. Erst oberhalb U_c brechen die Fluß-Paare in der magnetischen Isolierschicht zu Einzel-Flußquanten auf = Entkopplung der Polarisation, und es entsteht ein magnetischer Spannungsabfall.

Der magnetische Tunnelstrom von Flußquanten-Paaren durch den SMISM-Kontakt ist stark magnetfeldabhängig: Weil das Feld nicht durch die MS-Schicht hindurchgeht, kann angenommen werden, das B in der M-Isolierschicht liegt. Immer wenn der magnetische Fluß durch die magnetische Isolierschicht ein ganzzahliges Vielfaches des magnetischen Flußquantums beträgt, geht der magnetische Tunnelstrom der Flußquanten durch null.

Magnetische Analogie zu Wechselstrom-Josephson-Effekt (WE):

Als Ergebnis einer quantenmechanischen Interferenz ergibt sich, daß das Anlegen einer magnetischen Gleichspannung Θ_s an den SMISM-Kontakt zu einem dieser magnetischen Spannung proportionalen hochfrequenten magnetischen Wechselstrom (von Flußquanten)

$$U_s = U_{s,max} \sin(2\pi f t) \text{ mit } f = (2m/h)\Theta_s$$

führt. Der Effekt funktioniert auch umgekehrt: Wird ein hochfrequenter magnetischer Wechselstrom U der Frequenz f dem SMISM-Kontakt aufgeprägt, dann treten in der $\Theta(U)$ -Kennlinie Stufen konstanter magnetischer Spannung der Größe $n\Theta_s$ (n = ganze Zahl) auf.

6. Supraleiter-FM

Magnetische / elektrische Supra-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

SIS-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und *dicker* I-Schicht:

→ magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)

→ elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

- Supra-Leiter (S-Leiter)

- Supra-Nichtleiter (S-Isolator)

- Supra-Halbleiter (S-Halbleiter)

(mit "gebundenen" Elektronen-Paare, Elektronen-Loch-Paare)

FM-Schalfunktion analog:

a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c

b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei zwischen Normaltemperatur T und T_c

Zurzeit sind HTSL Supraleiter Typ 3 verwendbar, weil Supraleiter in ihrer Wirkung diamagnetisch sind. Typ 3: Verdrängung starker Felder (bei Repulsion) aus ihrem Inneren (wirkt wie Wirbelstrom bei Normalleiter, bzw. läßt die Flußquanten nicht durchtunneln); behält seine Eigenschaften auch bei hohen Feldern. Die Magnetisierungskurve hat eine starke Hysterese.

5. Temperaturkompensation / Gleichgewichtssteuerung

Der weichmagnetische Stoff und seine Magnetisierungskurve mit dem Arbeitspunkt des FM mit Magnetisierungsfaktor $N=1$ bei $(BH)_{max}$ wie auch der härdmagnetische Stoff mit seiner Entmagnetisierungskurve mit dem Arbeitspunkt des PM mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ bei $(BH)_{max}$ unterliegen der Induktion-Temperatur-Funktion, siehe B-T-Kurve.

Die Kurve (Magnetisierung / Entmagnetisierung) und die damit zusammenhängende erzeugte Feldkraft ändert sich mit der Temperatur, so daß:

a) eine Temperaturkompensation / -regelung der Maschine, und/oder

b) eine Hubvariation mit Δh

zur Steuerung des Gleichgewichts-Zustandes bei Temperaturänderung (Feldkraftänderung = Gleichgewichtszustands-Änderung) notwendig ist, um die Betriebswerte und Funktion konstant zu halten zu können.

Desweiteren kann diese Variation Δh benutzt werden, um Δs zur Steuerung der Induktion B im Permeabilität-Induktion-FM nutzen zu können:

→ B_{max} mit $\mu \approx 1$ → B_{opt} bei μ_{max}

II. Anti-Wirbelstrom-Prinzip

1. Wirbelströme im FM und Abschirmgehäuse

Wirbelströme treten nur auf, wenn Leitungselektronen im Stoff vorhanden sind, d.h., wenn der spez. el. Widerstand klein ist; z.B. bei Ferriten ist er hoch, deshalb sind praktisch keine Wirbelströme erzeugbar.

Wirbelströme entstehen besonders in el. leitenden massiven Metallen durch ein magnetisches Wechselfeld (Bem.: die sich abstoßenden PM's oszillieren) oder durch Bewegung eines Metalls in einem Magnetfeld (Bem.: der FM oszilliert transversal im Gleichgewichtszustand bei insgesamt sich gegenseitig in der Symmetrieebene neutralisierenden Feldwirkungen von PM-FM-PM senkrecht zum PM-Feld; der FM schneidet also quer die Feldlinien).

Das Bewegen der FM-Scheibe senkrecht zum und im Feld der PM, oder bei stationärem FM die Bewegung der PM in Relation zum FM alleine, induziert im FM eine Spannung, die einen großen Strom (Kurzschlußstrom) im FM verursacht, weil die FM-Scheibe wie eine in sich geschlossene Leiterschleife wirkt. Der Strom findet jedoch keinen genau festgelegten Weg vor. Deshalb nennt man ihn Wirbelstrom.

2. Mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Um den Wirbelstrom wirksam im FM zu vermindern, werden Schlitze in der Lamellierungen senkrecht zur FM-Bewegung, d.h. senkrecht zum Wirbelstrom, in der FM-Scheibe angebracht, die wiederum aus weichmagnetischen Schichten, parallel zur FM-Bewegung besteht, um die Anziehung zur Herstellung des Gleichgewichtes mit den abstoßenden PM's herzustellen und so zu optimieren, daß die FM-Dicke s klein wird (dünne Schicht).

So entsteht eine räumliche Matrix aus in der FM-Ebene elektrisch isolierten Blechen (Schichten = Lamellen) aus verschiedenen weichmagnetisch abgestuften Stoffen (longitudinalen gegenseitig el. isolierte Schichten ggf. mit longitudinalen Luftspalten wegen Multiplikation der Abschirmwirkung der Einzelabschirmungen), die in isolierte Steifen (Lamellen mit el. Isolation und Schlitze) unterteilt sind.

Die Schlitze bzw. Trennschichten in den Lamellierungen unterbrechen den Weg der Wirbelströme, die sich daher kaum ausbilden können.

Ein großer Querschnitt in der FM-Scheibe setzt den Wirbelströmen nur einen geringen Widerstand entgegen. Bei senkrecht zur FM-Bewegung (in den lamellierten dünnen, gegeneinander isolierten Schichten) integrierten Trennfugen (= Schlitze), finden die Wirbelströme einen hohen Widerstand vor, weil ihr Stromweg vielfach unterbrochen wird.

Sehr viele Unterbrechungen steigern den Effekt also erheblich, der Spalt muß in seiner Breite den zu erwartenden Wirbelströmen angepasst werden.

3. Mechanische Anti-Wirbelstrom FM-Struktur

Die Lamellierung muß senkrecht (longitudinale Richtung) zur FM-Bewegung innerhalb der FM-Schichten angebracht sein. (Bild 18)

Dynamische Orientierung der Trennfugen:

Da die PM's nicht in der anziehenden Position (gegenpolig), sondern in der abstoßenden Position (gleichpolig = antiparallel) angeordnet sind, sind die Feldlinien, wenn sie nicht homogenisiert werden können, stark inhomogen gekrümmt (siehe abstoßendes Felddbild). Aus diesem Grund kann zur optimalen FM-Wirkung die Richtung der Trennungen in der Lamellierung dynamisch den sich bei Bewegung dynamisch ändernden Feldlinienvektoren angepaßt werden.

Orientierung in der magnetischen Vorzugsrichtung:

Technisch einfacher ist eine Lösung, in der die longitudinale Lamellierung = senkrecht in den Schichten der transversalen Lamellierungs-Bleche, unveränderbar angebracht ist und dabei die Vorzugsrichtung der PM-Magnetisierung beachtet wird (Fluß zwischen den Polen eines und desselben PM).

Alternative Trenn-Struktur:

- a) Dichte Kugelpackung aus weichmagnetischen Domänen, eingebettet in eine elektrische Isolationsschicht - wie ein pulvermetallurgischer Stoff.
- b) Kubische Mikrostruktur, hergestellt durch Sputtern, Aufdampfen, galvanisch oder mechanisch durch Laserstrahl getrennt, etc.

Diese Strukturen können die Volumen-Wirbelströme in der dicken FM-Scheibe zu Teilchen-Wirbelströmen umformen und damit die Wirbelstrom-Abstoßung, -Erwärmung, und -Verluste stark vermindern.

4. Abschirmungs-Maximierung

Abschirmwirkung im doppelräumigen Abschirm-Gehäuse

Wird die FKM bei Hochfrequenz (bis 300 Hz) betrieben, so kann z.B. zusätzlich eine elektrisch hochleitende AL-Schicht verwendet werden, insbesondere bei den doppelräumigen Abschirmgehäusen.

In dieser Al-Abschirmung entstehen Wirbelströme, deren Magnetfeld dem abzuschirmenden Wechselfeld immer entgegengesetzt ist. Durch das Abschirmblech kann deshalb kein Störfeld (EMV) nach außen dringen, ebenso wenig kann ein magnetisches Wechselfeld von außen die Spule / das System im Inneren beeinflussen.

Abschirmwirkung im FM

Die AL-Schicht bewirkt bei Verwendung auf der FM-Oberfläche in der Abschirmwirkung durch Wirbelströme eine dem PM-Feld entgegengesetzte Wirkung (je nach Bewegungsrichtung des PM anziehend/abstoßend), d.h. der Abschirmeffekt bei Abschirmung des Gehäuses ist gut, aber gleichzeitig erfolgt bei geschlossener Geometrie ein Abstoßungseffekt im FM mit Minderung des Wirkungsgrades der FKM.

Nur von außen induzierte Wirbelströme in dieser AL-FM-Schicht können so gepolt sein, daß eine Ko-Wirkung entsteht, sie ist dann aber keine Abschirmung gegen das PM-Feld. Es müssten zwei solche Platten verwendet werden, weil zwei antiparallele PM's vorhanden sind, und jeder Wirbelstrom muß so gerichtet sein, daß er anziehend zum jeweiligen PM wirkt, d.h. die Anziehung einer dünneren FM-Platte zum Gleichgewicht mit den PM bringt.

5. Elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

5.1 Rückblick und Ziel

Bisher haben wir die *mechanischen* Prinzipien, wie Unterbrechung der Strombahnen durch Schlitz in einer Lamellierung = dünne geschichtete Bleche und höherer elektrischer Widerstand, eingesetzt, um den entstehenden Wirbelstrom zu reduzieren.

Hinzu kommen kompensierende *magnetische* Anziehungs-Felder (in jede PM-Richtung eines), die durch einen

- a) weichmagnetischen FM-Kern - wegen der hohen Permeabilität - erheblich verstärkt werden (dynamisch der Frequenz angepaßt) und/oder
- b) durch zwei Kippschalter-PM (bei OT/UT ummagnetisiert), womit der Energieaufwand bei Kompensation der Lenz-Regel (Kompensation = abstoßend bei OT→UT, anziehend bei UT→OT) gering wird.

Das *elektrische* Anti-Wirbelstrom-Prinzip setzt bei der *Entstehung* der Wirbelströme an, d.h. an den freien negativen Ladungen im metallischen Leiter, also den Leitungselektronen. Diese Prinzipien können (und/oder) zu den mechanischen Prinzipien angewendet werden.

Physikalischer Erkenntnis-Status:

Siehe VI. Glossar, Kapitel IV: Leitungselektronen.

5.2 Elektrische Anti-Wirbelstrom-Konstruktion

5.2.1 Kinematischer FM

Beim kinematischen FM müssen zwei Kräfte eliminiert werden:

- a) Longitudinale Kräfte die durch die Lenz-Regel entstehen,
- b) bremsende transversale Kräfte, die durch die transversale FM-Oszillation entstehen.

Beide Kräfte entstehen durch Kreis- bzw. Wirbelströme, deren Ursache die Bewegung der negativen Elektronen im positiven Ionengitter ist.

Die, *elektrische* Eliminierung der Ursache = Anti-Wirbelstrom basiert zunächst auf Entfernung der Elektronen aus dem Wirkungsraum der Permanentmagnet-Felder im FM.

5.2.1.1 Elektrische Kernprinzipien:

Sitz der Ladungen

- Ladungen sitzen im Gleichgewicht immer auf der Oberfläche, bei hohl geformten Metallkörpern nur auf der äußeren Oberfläche.
- Das Innere einer geschlossenen metallischen Umhüllung ist vollkommen gegen äußere elektrische Einflüsse geschützt.
- Die Verteilung der Ladung hängt mit der makroskopischen Krümmung der Oberfläche zusammen: Die Dichte der elektrischen Ladung ist am größten an einer Spitze.

Überführung von Ladung

- Die vollständige Überführung der Ladung geschieht durch Berührung des Probekörpers mit der Innenfläche der Umhüllung
- Eine geerdete Spitze kann ohne elektrischen Kontakt Ladung von einem Körper entfernen = kontaktlose Überführung von Ladung.

Ladungstrennung

- Im makroskopischen Bereich bedeutet negative Ladung Elektronenüberschuß und positive Ladung Elektronenmangel.
- Die Ladung wird durch Elektronen bzw. Ionen transportiert; bei metallischen Körpern Elektronen (Elektronen-Gas) durch das ortsfeste Ionengitter.
- Influenz kann zur Ladungstrennung, kombiniert mit Leidener Flaschen zur Ladungsspeicherung, benutzt werden.
- Durch Ladungstrennung und -verschiebung im Innern eines Leiters wird ein Gleichgewichtszustand der Ladungsverteilung erreicht, für den das resultierende elektrische Feld innen überall null ist und außen, direkt an der Oberfläche eine Normalkomponente besitzt.
- Mit den technisch zugänglichen Feldern läßt sich noch keine Begrenzung der Ladungstrennung beobachten.
- Bei einer ungeladenen Platte, die in ein starkes elektrisches Feld, das senkrecht zur Plattenoberfläche orientiert ist, eingebracht wird, führt die Influenz auf beiden Seiten der Platte zu Oberflächenladungsdichten mit entgegengesetztem Vorzeichen, die das Innere des Metalls gegen das äußere Feld abschirmen.
- Stets bilden sich, wenn ein elektrischer Leiter in ein elektrisches Feld gebracht wird, auf ihm eine neutrale Zone aus, die frei von elektrischen Ladungen ist; und auf den beiden durch die neutrale Zone getrennten Teilen sammeln sich die einander entgegengesetzten Influenzladungen an. Dabei hängt die Größe dieser influenzierten Elektrizitätsmengen sowohl von der Stärke des influenzierenden Feldes als auch von der Form und Größe des betreffenden Leiters ab.
- Es kann auch ein isoliert aufgestellter Leiter in einem elektrischen Feld ein von null verschiedenes Potential haben, obwohl sich darauf nur Influenzladungen mit der Summe null befinden.

Beschleunigung von Leitungselektronen durch ein E-Feld

- Zur Beschleunigung der Leitungselektronen wird im Leiter ein E-Feld in Längsrichtung benötigt. Während in der Elektrostatik das E-Feld im Leiter und die Tangentialkomponente null sind, gilt das für die Elektrodynamik nicht.

Beschleunigung von Leitungselektronen durch Trägheitskräfte

- Versuch von Tolman (3-325):

"Wenn der Strom durch frei wandernde Teilchen der Ladung e und der Masse m , also der spezifischen Ladung e/m getragen wird, so werden diese bei einer Beschleunigung a des Metallkörpers, d.h. des starren Ionengitters, nicht mitbeschleunigt. Wird er z.B. gebremst, so bewegen sich die freien Teilchen auf Grund ihrer Trägheit weiter. Vom Metall aus gesehen werden sie durch "Trägheitskräfte" in der Richtung beschleunigt, die der Beschleunigung des Metalls entgegengerichtet ist. Die Elektronen mit ihren negativen Ladungen häufen sich also an der einen, die positiven Restladungen an der Stirnseite des Metallstücks an. Diese Ladungstrennung erzeugt analog zum Fall des Plattenkondensators ein Feld E , das schließlich eine weitere Ladungsanhäufung verhindert. Das ist der Fall, d.h. Gleichgewicht tritt ein, wenn die Trägheits- und die elektrostatische Kraft auf den Ladungsträger entgegengesetzt gleich sind: $-eE = ma$. Im Inneren des beschleunigten Leiters herrscht also ein Feld $E = -m/e \cdot a$.

Das gilt für lineare wie für Zentrifugalbeschleunigungen.

Löcher (Defektelektronen) würden allerdings ein anderes Vorzeichen für die erzeugte Spannung liefern."

Es gibt zwei Arten von Kräften:

Kräfte, die auch dann auftreten, wenn der geladene Körper ruht:

Coulomb-Kräfte; in diesem Gebiet herrscht ein E-Feld.

Kräfte, die nur auftreten, wenn der geladene Körper sich bewegt:

Lorentz-Kräfte; in diesem Gebiet herrscht ein Magnetfeld.

Lenz-Regel / Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen

- Lenz-Regel: Die durch Veränderung magnetischer Flüsse erzeugten Induktionsströme fließen derart, daß ihre eigenen Magnetfelder der Induktionsursache entgegenwirken.
- Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen: Die Bewegung eines Leitungselektrons mit der Ladung q kann entweder
 - a) elektrisch, d.h. bewirkt durch ein E-Feld, entlang des Leiters erfolgen oder
 - b) mechanisch, z.B. senkrecht zum Leiter durch dessen Parallelverschiebung.

Ladungsverschiebung durch Induktion

- Die Existenz einer Induktionsfeldstärke längs eines bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebungen (Influenz) bis zur Kompensation der Induktionsfeldstärke. In einem Metallstück resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß" auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite.

Wirbelströme bei Transversalbewegung im Magnetfeld

Es wird eine Ringspannung induziert = Kreis- bzw. Wirbelströme.

Diese Ströme erfahren im B-Feld Lorentz-Kräfte, die die Bewegung an der Front-Seite hemmen (Bremsung) und an der Seite mit dem kleineren B-Feld beschleunigen, allerdings sind die beschleunigenden Kräfte kleiner als die bremsenden.

Auch in einem ruhenden Leiter entstehen Wirbelströme, wenn sich das Magnetfeld zeitlich ändert.

- Wirbelstrombahnen durch dünne isolierte Bleche räumlich begrenzen: Die Verlustleistung pro Volumeneinheit ist proportional dem Quadrat der Blechdicke d .

E-, M-Felderfüllter Raum = Sitz der E- und M-Energie

- Das elektrische Feld ist Träger der elektrischen Energie, ebenso ist das magnetische Feld Träger der magnetischen Energie.

Wie die elastische Deformationsenergie überall im Körper (Medium) verteilt ist (beachte elastische Hysterese und damit Hysterese des Energie-Feldes), ist der felderfüllte Raum Sitz der elektrischen und magnetischen Energie; die Energie steckt im Feld und kann mit ihm durch den Raum wandern + elektromagnetische Wellen.

- Die elektrische Feldkonstante ϵ_0 und magnetische Feldkonstante μ_0 bestimmen die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum und damit die Lichtgeschwindigkeit c .

$$(\epsilon_0 \mu_0)^{-1/2} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = c$$

Und bei ϵ_0 als festgelegter Wert: $\epsilon_0 + (\mu_0 c^2)^{-1}$ (3-121)

Elektrische Leitfähigkeit

1. Temperaturabhängigkeit: Metalle leiten um so schlechter, je heißer sie sind, bei Halbleitern ist es umgekehrt.
2. Magnetoresistenz: Abnahme der Beweglichkeit und Leitfähigkeit, wenn die Ladungsträger in ihrer Bewegung durch die Lorentz-Kraft von Geradenstücken zu Kreisbogenstücken zusammengesetzt sind.
3. Druckabhängigkeit: Ein deformiertes Kristallgitter beeinflusst die Beweglichkeit der Ladungsträger
4. Elektrische und Wärmeleitfähigkeit

5.2.1.2 Konstruktion des kinematischen FM mit elektrischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip (Bild 19)

1. Schritt: Elektrische Isolation des FM

Der FM wird, je nach Bauart (1 FM, oder wegen Impulserhaltung 2 FM) zur Übertragung der Oszillation, mit elektrisch isolierenden Stäben mechanisch befestigt. Dadurch können keine Leitungselektronen zum FM nachfließen.

2. Schritt: Influenz durch Ladungstrennung + Reduktion der Lenz-Kraft
Der kinematische FM wird innerhalb eines elektrischen Feldes positioniert.

Das elektrische Feld wird aus einer Hochspannungsquelle oder, wenn es von der Höhe der Spannung her ausreicht, durch ein permanentes Feld eines ferroelektrischen Stoffes (Elektret) zur Ladungstrennung erzeugt.

Durch Influenz entsteht im mittleren Bereich eine neutrale Zone, die frei von elektrischen Ladungen, den Leitungselektronen (Elektronen-Gas), ist.

Dieses neutrale Gebiet wird von den Magnetfeldern der antiparallel orientierten PM's durchsetzt. Da dieses B-Feld keine Leitungselektronen vorfindet, kann eine longitudinale Kraft (Anziehung/Abstoßung) gemäß Lenz-Regel kaum auftreten, insbesondere auch dann, wenn die PM's in paralleler und nicht in antiparalleler Spinanordnung orientiert sind.

Da positive Ladung "ortsfestes Ionengitter ohne Leitungselektronen" bedeutet, könnte der PM auch im Gebiet der positiven Ladung positioniert sein - es entstehen keine Wirbelströme wegen der in diesem Gebiet fehlenden Leitungselektronen.

Die Leitungselektronen sitzen auf der *äußeren* Oberfläche des FM bzw. der Lamellierungsbleche im negativen Gebiet.

Die Größe der induzierten Elektrizitätsmengen hängt von der Stärke des induzierenden Feldes als auch von der Form und Größe des FM ab.

3. Schritt: Ladungsüberführung

Wir müssen nun dafür sorgen, daß sich die induzierten Elektronen in einem a) metallischen Trichter mit einer Spitze sammeln, so daß wir sie mit einer der Spitze gegenüberliegenden Messerschneide - entlang der Oszillationsstrecke des FM - ständig durch *kontaktlose* Überführung mit vollständiger Ladungstrennung geerdet ableiten, oder in einer Leidener Flasche als Hochspannungskondensator zur Energiespeicherung, oder in einem Kondensator - je nach Spannungshöhe - speichern.

b) Wenn statt eines Trichters eine der Oszillationsrichtung parallele Begrenzungsfläche des FM nehmen, so können wir statt eine viele Nadeln oder viele Messer zur Ladungsüberführung benutzen (Parallelschaltung).

Insgesamt erreichen wir so eine positive Ladung des FM, d.h. nur noch das ortsfeste Ionengitter des FM mit positiver Ladung ist übrig und erzeugt keine Wirbelströme im B-Feld, wenn die Anzahl der Leitungselektronen minimiert ist. Je nach Höhe des positiven Potentials sind entsprechend viele Leitungselektronen überführt (→ Ergiebigkeit der Ladungstrennung).

Desweiteren können im Fall a) die Leitungselektronen bei der Oszillation des FM kaum Strom mit Magnetfeld erzeugen, da sie erstens sich in einem Trichter befinden, in dem die Beschleunigungsstrecke eingeengt ist (ohne Trichter bei paralleler Begrenzungsebene können die Leitungselektronen frei im Metall beschleunigt und abgebremst werden) und zweitens werden sie ja durch Ladungstrennung weitgehend aus der Beschleunigungsstrecke entfernt.

5.2.2 Stationärer FM

Für den stationären FM gelten alle Schritte 1. - 4.4 (ohne 4.1-4.3) und 5. Nur die longitudinalen Lorentz-Kräfte, die bei der Lenz-Regel entstehen, sind zu minimieren/eliminieren; tangential Lorentz-Brems- und Beschleunigungskräfte treten wegen der fehlenden transversalen Oszillation des FM nicht auf. Auch die in 3. genannte Beschleunigung/Verzögerung der Elektronen bei Oszillation des nun stationären FM fällt weg. Im Falle des M-Halbleiter ist der umgekehrt temperaturabhängige Widerstand zu beachten.

5.2.3 Konstruktion des kinematischen FM mit magnetischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip (Bild 21)

→ Ladungsverschiebung durch Induktion:

Die Existenz einer Induktionsfeldstärke längs eines bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebungen (Influenz) bis zur Kompensation der Induktionsfeldstärke. In einem Metallstück resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß" auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite. → Induktionsfeldstärke längs des oszillierenden FM → Transversal-Influenz. Die elektrische (Ursache E-Feld) und magnetische Influenz (Ursache Induktion) kann bei richtiger Orientierung der Pole und Bewegungsrichtung des FM zusammengelegt werden, sodaß die Wirkungen sich vektoriell addieren.

5.2.4 Kombinierte Elektrische und magnetische Anti-Lorentz-Kraft-Prinzipien

Es gibt zwei Prinzipien:

a) Magnetische und elektrische Influenz gleichgerichtet orientiert (Bild 22).

1. Das magnetostatische Feld treibt die Ladung mit der durch die Induktionsspannung E_{ind} erzeugten Kraft F_Q bei Bewegung des Leiters nach rechts (siehe Bild) und zur Mitte (siehe umgekehrte Flußrichtung des B-Feldes der jeweiligen Magnete), wenn sie nicht durch Blech-Isolation gehindert wird.

2. Das elektrostatische Feld treibt die Elektronen ebenfalls zur Mitte (siehe Anordnung der E-Pluspole), sodaß sie sich rechts am E-Minuspol konzentrieren (wenn sie nicht gehindert werden durch die longitudinale lamellierte Blechtrennung mit einer Isolationsschicht), sodann kann die Ladungsüberführung in der Mitte erfolgen.

Das B-Feld kann in den Lamellen-Blechen transversal, senkrecht zur FM-Bewegung, und durch überlappte Flußübergänge zwischen den Stegen auch transversal, waagrecht = parallel zur FM-Bewegung, fließen.

b) Elektrische und magnetische Influenz gekreuzt orientiert (Bild 23).

1. Das elektrostatische Feld treibt die Ladung schon vor der Bewegung des Leiters und außerhalb des B-Feldes im Steg nach unten; die Stege sind durch Schlitze getrennt (Stromunterbrechung) - es entsteht Influenz und eine neutrale Zone.

2. Das B-Feld kann deshalb - bei Bewegung des Leiters - die e-Ladung mit der durch die Induktionsspannung E_{ind} erzeugten Kraft F_q nicht mehr zur Mitte (siehe umgekehrte Flußrichtung des B-Feldes der jeweiligen Magnetpole) und nicht nach rechts treiben, wenn die Ladungsträger, außer durch die neutral Zone (erzeugt durch das E-Feld), durch eine longitudinal lamellierte Blechtrennung mit Isolationsschicht, daran gehindert werden (Bild 24). Die Ladungstrennung erfolgt dann unten am E-Pluspol.

Variante a) Fluß der Elektronen nach rechts zum E-Pluspol aufgrund der isolierenden Trennschichten nicht möglich, d.h. Bewegung der Elektronen nach rechts verhindert, sodaß sich die Lorentz-Kraft F_q , aufgrund des fehlenden Elektronenflusses im Leiter nach rechts (Bewegung der Elektronen im Leiter nicht möglich, weil die Ladung vorher aus diesem Gebiet entfernt wurde) erst gar nicht einstellen kann. F_q ist aber lokal in den isolierten Lamellen-Blechen vorhanden, wenn die Elektronen noch dort sind.

Variante b) Sollten noch Elektronen vorhanden sein, so können diese nur mit F_q nach rechts driften (induzierte Influenz), wenn eine Durchkontaktierung im Sinne eines Leiters der Länge l erfolgt ist. Diese könnten dann in der Mitte des FM durch eine Ladungsübertragung entfernt werden (FM ist positiv geladen).

Das B-Feld kann in den Lamellen-Blechen transversal, senkrecht zur FM-Bewegung, und durch überlappte Flußübergänge zwischen den Stegen auch transversal, waagrecht = parallel zur FM-Bewegung, fließen.

Alle Prinzipien können auch entlang der longitudinalen Bewegungsrichtung der PM konstruktiv umgesetzt werden, wenn Lorentz-Kräfte auftreten.

5.2.5 Zusammenfassung

5.2.5.1 Kräfte bei bewegten Magneten und ruhendem FM

Magnetfeld nicht zeitlich konstant (instationär), Lage des FM stationär.

FM = "Auf" bei OT:

Wenn die PM's sich vom offenen FM entfernen können keine Lorentz-Kräfte entstehen.

FM = "Zu" bei UT:

Wenn sich die PM's dem geschlossenen FM annähern (\rightarrow Gleichgewichtszustand), entstehen abstoßende Kräfte durch die in der PM-nahen FM-Front-Oberfläche induzierten Wirbelströme; in der Symmetrieebene des FM sind sie null, da sich die Ströme durch die antiparallelen PM's entgegengesetzt neutralisieren.

FM = "Zu" bei OT:

Wenn sich die PM's vom geschlossenen FM Entfernen, so entstehen anziehende Kräfte in der Front-Oberfläche des FM.

5.2.5.2 Kräfte bei bewegtem FM (bewegter Leiter)

PM's in OT, FM öffnet oder schließt → Bewegung des FM mit seinen Leitern.
Magnetfeld zeitlich konstant (stationär), Lage des FM instationär.

B-Feld, Leiter im FM und Leiter-/FM-Bewegung sind drei aufeinander senkrecht stehende Größen.

Bewegung des Leitungselektrons mit Ladung q entweder elektrisch, bewirkt durch ein E-Feld, entlang des Leiters oder mechanisch durch dessen Parallelverschiebung.

1. Kraft F_l auf einen stromdurchflossenen Leiter:

Die (elektrische) Bewegung mit Ladungstransport-Geschwindigkeit v_q im Feld B führt zu einer (mechanischen) Kraft F_l in transversaler Richtung auf den Leiter.

2. Kraft F_q auf Leitungselektronen

Die mechanische Bewegung des Leiters, senkrecht zu seiner Länge, mit der Geschwindigkeit v_l führt zu einer Kraft F_q auf die Ladungsträger, die gleichbedeutend mit einer induzierten elektrischen Feldstärke E_{ind} ist:

$$F_q = q E_{ind} \quad (= \text{Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen})$$

Die Induktionsfeldstärke längs des bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebung (Influenz) bis zur Kompensation der Induktionsfeldstärke.

Im FM-Leiter resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß"

(= Elektronenanhäufung) auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite = Influenz.

Die influenzierte Ladung wird als Ladungstrennung verstanden und in einem überlagerten influenzierenden E-Feld mittels einer Spitze überführt; der Leiter soll positiv geladen sein.

5.2.6 Elektrischer und magnetischer Energie-Feldraum (Raumenergie RE)

Die elektrische Energie ist im elektrischen Feld, als Träger der elektrischen Energie, zwischen den Elementarladungen, und die magnetische Energie im magnetischen Feld, als Träger der magnetischen Energie, zwischen den Elementar-Spinmomenten, zwischen den spontan polarisierten Kristallkörnern (Blochwände) und zwischen den Makro-Spinmomenten der PM's, also des felderfüllten Raumes, als elastische Deformationsenergie (mit Hystereseeigenschaft) gespeichert.

Man kann sagen, die magnetische Influenz der Magnetronen im FM steht senkrecht auf der elektrischen Influenz der Elektronen, weil das B-Feld der PM's und das E-Feld des Ladungstrenners in der Symmetrieebene des FM auf einander senkrecht stehen; dies gilt auch für die M-Löcher und E-Löcher.

Der felderfüllte Raum bei elektrostatischen bzw. magnetostatischen Feldern ist erfüllt durch die virtuellen Photonen, die Sub-Quanten des Vakuum-Feldes; in diesem Vakuum-Feld (ϵ_0 , μ_0) breiten sich die transversal elektromagnetischen Wellen (Photonen) mit c aus, während die Stoßpartner über longitudinal hoch nichtlineare Wellen (Solitonen) in Austauschwechselwirkung (Kopplung) miteinander stehen.

Die Feldkraftmaschine ist eine Maschine, die die Energiefelder des felderfüllten Raumes als Quelle nutzt und nicht die Energie der Teilchen an sich (z.B. durch kontrollierte Kernspaltung).

Diese permanente potentielle Feldenergie wird durch den Feldmodulator in ihrer Kopplungswirkung an- und abgeschaltet - somit entsteht durch die Federwirkung der elastischen Energiefelder - mittels der elastischen Stoßwellen - kinetische Energie und damit Kraft und Drehmoment an der Kurbelwelle.

Man kann das Prinzip des Feldmodulators auch bei der Kernfusion mit niedrigeren Temperaturen anwenden (statt Tunneln bzw. Abschirmung); denn die hohe kinetische Energie der Teilchen ist nicht notwendig, weil das Coulomb- und Kernpotential durch einen Teilchen-Feldmodulator in seiner abstoßenden Wirkung auf die Teilchen kontrolliert ab- und angeschaltet werden kann. → Gleichgewichtsprozesse steuern.

III. FM-Schichtenaufbau / Lamellierung

FP / FS-Struktur:

In den Flußleitstücken sind die Blechorientierungen ausschließlich parallel zu longitudinalen Richtung, also parallel zum Fluß und senkrecht zu den Wirbelströmen; die FS überdecken nur die Pol-zu-Pol verbindung zwischen den verschiedenen, gegenüberliegenden, sich abstoßenden PM's.

FM-Struktur:

Im Gegensatz zur FS-Struktur stellt das FM-Blech den transversalen leitenden Fluß zwischen allen Polen der antiparallel angeordneten PM's her. Die transversalen, dünnen (gegen Wirbelströme) FM-Bleche erhalten zusätzlich (außer der dünnen Blechdicke und ggf. Kornorientierung / Kristallorientierung) eine longitudinale Anti-Wirbelstrom-Struktur (Spalte im Blech).

FM für kinematisch-passiven Einsatz (Transversalbewegung):

Beachte wechselsinnig in transversaler Richtung geschichtete Blech-Kämme (mit Spalten) = übereinander und in der Projektion die Anti-Wirbelstrom-Spalten abdeckende Blech-Kämme (die ihrerseits senkrecht zur Blechebene, also in longitudinaler Richtung lamelliert sind (Anti-Wirbelstrom-Spalten-Struktur)). (Bild 25)

Die Lamellierung in den übereinander liegenden Blech-Kämmen muß in der nächsten Blechebene so verschoben sein, daß kein magnetischer Fluß, ohne Abschirmung der Spalte, den FM longitudinal direkt durchqueren kann (deshalb: Überlappungslänge für transversalen Fluß beachten).

Für optimale Abschirmwirkung kann es notwendig sein, das FM-Material am Einsatzort (in situ) durch ein Wechselfeld abnehmender Amplitude zu entmagnetisieren (wenn der FM in Offen-Stellung steht).

Stoff- und Permeabilität-Optimierung:

1. Stoff mit leichter Magnetisierbarkeit (Wandverschiebung, Drehprozesse).
2. Hohe Permeabilität mit an den Magnet angepaßte Induktion:
(Permeabilität-Induktion-Kurve: Aussteuerungseinfluß $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$)

bei hoher Aussteuerung: Absinken des Schirmfaktors im passiven FM mit steilem Abfall in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn Material in die Sättigung gerät.

Geeigneter Werkstoff mit entsprechend hoher Permeabilität (Leitfähigkeit), Sättigung dem PM-Fuß im Abstand Δs von der Polfläche (aktuelles, wirksames $B[T]$) angepaßt.

Flußdichte/mm² zur Reduktion der variablen Wanddicken beachten in Relation zum Gewicht (kinetische Energie bei FM-Oszillation): d.h. die Wanddicken sind mit der Flußdichte/mm² variabel anzupassen.

Kornorientiertes Blech (z.B. VAC Trafoperm N2, N3 = isotrop):

Bei Verwendung von kornorientierten Blechen (z.B. VAC Trafoperm N2 mit 3%SiFe) ist eine sehr starke Richtungsabhängigkeit der Permeabilität vorhanden (bei 50 Hz: Walzrichtung = $0^\circ = \mu_{\text{rmax}} = 13000$, $90^\circ \mu_{\text{rmin}}$. Diese Richtungsabhängigkeit kann für die Pol-zu-Pol-Richtung des Flusses innerhalb eines und desselben PM und des FM genutzt werden bzw. senkrechte Einbaulage bei Flußstücke FS in Flußplatte FP. Der spez. elektr. Widerstand ist 4-mal so hoch = $0,40 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ wie bei Eisen mit $0,10 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ (aber nicht so hoch wie bei Megaperm 40L mit 0,60 und Ultraperm 250 mit 0,60), die Sättigung mit 2,03T (Längs 1,8-1,95T, quer 1,4T). Die Banddicke ab 0,1 mm liegt nur wenig unter des Eisens; RFe ist wegen der hohen spez. elekt. Leitfähigkeit dynamisch nicht zu gebrauchen (höllische Wirbelströme).

Verwendung Kristallorientierter Bleche / Ein-/Bikristall, entsprechend der magnetischen Vorzugsrichtung in Scheiben geschnitten, z.B. Co, CoCr.

μ -B-Kennlinien:

Beachte verschieden nichtlineare μ -B-Kennlinien bei verschieden dicken Blechen derselben Legierung der gleichen Charge.

Dünnere Bleche haben weniger Pinning-Wände = Blochwände $\rightarrow \mu$ wie bei 0,35 mm oder besser; ab 0,2 mm abwärts zusätzlich störende Oberflächendefekte.

Leichte Variation bei verschiedenen Chargen:

Auch bei geschliffenen Oberflächen \rightarrow Blechdickenabnahme aber keine Kaltverformung, μ wird nicht besser, beachte beim Schleifen die Oberflächenrauigkeit mit ggf. Verschlechterung von μ .

Vorgehensweise zu FM-Optimierung (Wirkungsgrad der Magnetisierung im FM):

1. Bestimme B[T] an der Polfläche (bzw. an der Haftfläche im Abstand Δd) und dann suche

2. das dazu passende μ_{max} des geeigneten Werkstoffes. \rightarrow Feinabstimmung!

Wegen der nichtlinearen Kennlinien der μ -B-Kurven der verschiedenen Legierungen in Abhängigkeit von der Banddicke und Frequenz muß bei der Optimierung folgendes beachtet werden:

1. Feststellung nicht nur der longitudinalen Kraft-Weg-Kennlinie, sondern auch der Induktion-Weg-Kennlinie in Abstands-Schritten von 0,05 mm von der Polfläche, weil die Induktion stark abfällt und dies bestimmt die Höhe der Permeabilität ganz wesentlich und somit die Dicke der Sperrschicht, die im Abstand Δd vor der Polfläche beim kinematischen FM oszilliert, beim stationären FM so positioniert ist.

2. Es ist zu beachten, dass sich die in antiparalleler Spin-Position befindlichen abstoßenden PM-Felder ja im FM in der Symmetrieebene des FKG

neutralisieren; dadurch wird auch ein effektives B_{eff} mit effektivem μ_{eff} an der Stelle Δd an der Oberfläche und bei Δs im FM erzeugt, was wesentlich die Werkstoffwahl bestimmt und damit die Höhe der Leitfähigkeit/Sperrfähigkeit des FM mit der Folge seiner Sperrwirkung bei kleiner FM-Dicke s .

Durch diese Optimierung kann möglicherweise eine sehr hochpermeable Legierung gleich als erste Schicht genommen werden (z.B. VAC Ultraperm 250 $J_S=0,74T$ und mit μ_{max} 400000 bei 50 Hz, der spez. elektr. Widerstand ist mit $0,60 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ genauso hoch wie bei Megaperm 40L), womit der FM sehr dünn wird und die PM dichter stehen) stärkere Repulsion); auch eine 3% SiFe-Einkristall-Schicht mit $\mu_{\text{max}} = 3\,800\,000$ bei 20°C wäre verwendbar.

Hierarchischer Schicht-Aufbau des FM:

0. Permanentmagnet

0.1 Luft-Trennschicht mit $d = 0,05$ bis $0,1 \text{ mm}$

Symmetrischer Schichtaufbau des Feldmodulators (FM)

1. Eine dünne Anti-Wirbelstrom-Schicht hochohmig weichmagnetischer Stoff:

Eine Lage VAC Megaperm 40 L mit hohem spez. elektr. Widerstand gegen Wirbelströme + Spinrelaxation, μ -Werte bei $B = 1,5 \text{ T}$ schlecht!!

- hochohmig weichmagnetische Schicht $0,60 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, beachte Dicke $s = 0,1 \text{ mm}$, μ -B-Kennlinie
- gegenseitige Isolation mit leichter Oxidschicht [1-220] (Dielektrikum, Dicke $4 - 500 \text{ nm}$)

Oder VAC Kobalt-Eisen Vacoflux 48 mit $0,44 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ mit hohen Induktionen und Permeabilität.

Oder VAC Ultraperm bei Sättigungspolarisation $J_S 0,74T$

1.1 Trennschicht = Luftspalt $d =$

Kunststoff-Trennschicht wegen Mehrfachabschirmwirkung (MA) (d muß in Relation zu Gehäuseabmessungen stehen (Finite Elemente Berechnung).

Brechung der Magnetfeldlinien in dieser Grenzfläche beachten.

2. Primäre Abschirm-Schicht weichmagnetischer Stoff in mehreren Lagen/Lamellierung

MA multipliziert Abschirmwirkung bei Luftspalt:

VAC Kobalt-Eisen Vacoflux 48 mit $0,44 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ mit hohen Induktionen und Permeabilität, mit geringer Blechdicke s .

[alternativ VAC Permenorm 5000 S4 oder Trafoperm N2 / N3],

- Stoff mit hoher Sättigung und hoher Permeabilität (hinreichend große Sättigungsmagnetisierung und Wandstärke, um den vom Innenvolumen ferngehaltenen magnetischen Fluß aufnehmen zu können, ohne in Sättigung zu geraten) + Aussteuerung $\mu_{\text{max}} / B_{\text{opt}}$

- Dicke aller Lagen: bis Induktion auf 0,8-0,75 T gesunken ist, abhängig von Permeabilität bzw. maximale magn. Leitfähigkeit.
- gegenseitige Isolation mit leichter Oxidschicht [1-220] (Dielektrikum, Dicke 4 - 500 nm)

2.1 Trennschicht = Luftspalt d =

Kunststoff-Trennschicht wegen Mehrfachabschirmwirkung (MA)
(d muß in Relation zu Gehäuseabmessungen stehen (Finite Elemente Berechnung).

Brechung der Magnetfeldlinien in dieser Grenzfläche beachten.

3. Zentrale-Abschirm-Schicht weichmagnetischer Stoff in mehreren Lagen/Lamellierung

MA multipliziert Abschirmwirkung bei Luftspalt:

- a) VAC Vacoperm 250 (0,74 T), 50 Hz: $\mu_4 = 270000$, $\mu_{\max} = 400000$,
Verluste $p_{05} = 0,005$, Dicke $s = 0,05$ mm, spez. elektr. Wid. 0,60 oder
[Alternativ VAC Mumetall (0,8 T), 50 Hz $\mu_4 = 60000$, $\mu_{\max} = 150000$,
Verluste $p_{05} = 0,025$, spez. elektr. Wid. 0,55, Dicke $s = 0,2$ mm]

In mehreren Lagen bis Induktion auf μ_i T gesunken ist,

Dicke $s =$ und μ -B-Kennlinie

Beachte mechanische Stabilität; dünnere Schichten bringen beim Glühen Problem, (Spannungen, Wölbungen, etc.).

- Stoff mit sehr hoher Permeabilität u. mittlerer Sättigung
- gegenseitige Isolation mit beidseitig leichter Oxidschicht

3.1 Trennschicht = Luftspalt d =

Kunststoff-Trennschicht wegen Mehrfachabschirmwirkung (MA)
(d muß in Relation zu Gehäuseabmessungen stehen (Finite Elemente Berechnung).

Brechung der Magnetfeldlinien in dieser Grenzfläche beachten.

4. Primäre Abschirm-Schicht weichmagnetischer Stoff in mehreren Lagen/Lamellen

MA multipliziert Abschirmwirkung bei Luftspalt:

VAC Kobalt-Eisen Vacoflux 48 mit $0,44 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ mit hohen Induktionen und Permeabilität, mit kleiner Blechdicke s .

[Alternativ VAC Permenorm 5000 S4 oder Travoperm N2 / N3],

- Stoff mit hoher Sättigung und hoher Permeabilität (hinreichend große Sättigungsmagnetisierung und Wandstärke, um den vom Innenvolumen ferngehaltenen magnetischen Fluß aufnehmen zu können, ohne in Sättigung zu geraten) → Aussteuerung.
- Dicke aller Lagen: bis Induktion auf 0,8-0,75 T gesunken ist, abhängig von Permeabilität bzw. maximale magn. Leitfähigkeit
- gegenseitige Isolation mit leichter Oxidschicht [1-220] (Dielektrikum, Dicke 4 - 500 nm)

- 4.1 Trennschicht = Luftspalt $d =$
Kunststoff-Trennschicht wegen Mehrfachabschirmwirkung (MA)
(d muß in Relation zu Gehäuseabmessungen stehen (Finite Elemente
Berechnung).

Brechung der Magnetfeldlinien in dieser Grenzfläche.

5. Eine dünne Anti-Wirbelstrom-Schicht hochohmig weichmagnetischer
Stoff:

Eine Lage VAC Megaperm 40 L mit hohem spez. elektr. Widerstand gegen
Wirbelströme + Spinrelaxation, μ -Werte bei $B = 1,5 \text{ T}$ schlecht!!

- hochohmig weichmagnetische Schicht $0,60 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$,
Dicke $s = 0,1 \text{ mm}$, μ -B-Kennlinie
- gegenseitige Isolation mit leichter Oxidschicht [1-220]
(Dielektrikum, Dicke $4 - 500 \text{ nm}$)

Oder VAC Kobalt-Eisen Vacoflux 48 mit $0,44 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ mit hohen
Induktionen und Permeabilität, mit kleiner Blechdicke s .

Oder VAC Ultraperm bei Sättigungspolarisation $J_S 0,74 \text{ T}$

- 5.1 Luft-Trennschicht mit $d = 0,05$ bis $0,1 \text{ mm}$

6. Permanentmagnet

Legierungen

Zitate aus (2)

1. **Nickeisen-Legierung mit 30% Ni**
Curie-Temperatur: Während die Temperaturabhängigkeit der Sättigungspolarisation J_s einer relativ universellen Funktion folgt, zeigt die Anfangspermeabilität μ_i einen ganz anderen und zudem stark werkstoffabhängigen Verlauf.

Bei dieser Legierung läßt sich der Curiepunkt durch geringe Variation der Zusammensetzung zwischen etwa 30°C und 120°C verschieben.

Die Legierungszusammensetzungen müssen sehr genau eingehalten werden, da im Bereich von 30% Ni eine Abweichung von 0,1% N bereits eine Curiepunktänderung von 10°C bewirkt.

Der Buchstabe "G" gilt für geradlinigen Verlauf der B-T-Kennlinie. Die Legierung ist auch mit steil abfallender Kennlinie lieferbar (Kennbuchstabe "S"). Bei besonderen Anforderungen, z.B. an die Gleichmäßigkeit oder Geradlinigkeit der Induktion-Temperatur-Kurven, werden pulvermetallurgisch hergestellte Legierungsvarianten (gesintertes VAC-Thermoflux) empfohlen. Im Vergleich zu den geschmolzenen Standardqualitäten kann hier der Verlauf der Induktion-Temperatur-Kurven bezüglich Steilheit und Geradlinigkeit in relativ weiten Grenzen variiert und den jeweiligen Wünschen angepaßt werden.

2. **Silizium-Legierung mit 3% Si**
 - Kornorientierung (Großtextur) in Walzrichtung (Vorzugsrichtung der Magnetisierung)
 - Die Sättigung liegt nur wenig unter der des Eisens, der spezifische elektr. Widerstand ist jedoch etwa viermal so hoch.
3. **Magnet-Reineisen (RFe)**
 - Die hohe Reinheit führt zu ungewöhnlich niedrigen Koerzitivfeldstärken.
 - Anwendung: Relaissteile, Ankerkörper, Polschuhe, Joche usw. bei nicht zu hoher Frequenz.
 - spez. elektr. Wid. 0,1 Ω mm²/m
 - Sättigungsinduktion bei 2,15 T
4. **Cobalt-Eisen mit 47 bis 50 % Kobalt**
 - höchste Sättigungsinduktion 2,4 T
 - Polschuhe mit höchster Flußdichte
 - spez. elektr. Widerstand bei 0,44 Ω mm²/m
5. **Magnetisch halbharte Werkstoffe**
 - bistabile Relais, Magnetventile, die durch Stromimpulse geschaltet werden, Remanenz 1,4 T

IV. Feldmodulator-Systematik

1. Stoffarten der Feldmodulatoren (FM)

1.1 Ferro-/ferrimagnetische Feld-Feldmodulatoren (B-Feld)

- Magnetische Feld-Leiter (hohe Permeabilität $\mu_{\max} = \text{Magnetikum}$)
- Magnetische Feld-Isolatoren = magnetische Feld-Nichtleiter ($\mu \approx 1 = \text{Dimagnetikum}$)
- Magnetische Feld-Halbleiter: M-Diode, M-Transistor, M-Thyristor (Magnetronen, Magnetronen-Löcher)

FM-Schalfunktion:

- a) μ -B Funktion bei Normaltemperatur
- b) μ -B Funktion zwischen Normaltemperatur Curie-/Néel-Temperatur

1.2 Ferro-/ferrielektrische Feldmodulatoren (D-Feld)

- Elektrische Feld-Leiter (hohe Permittivität $\epsilon_{\max} = \text{Elektrikum}$)
- Elektrische Feld-Isolatoren = elektrische Feld-Nichtleiter ($\epsilon \approx 1 = \text{Dielektrikum}$)
- Elektrische Feld-Halbleiter: D-Diode, D-Transistor, D-Thyristor (D-Tronen, D-Tronen-Löcher)

FM-Schalfunktion:

- a) ϵ -D Funktion bei Normaltemperatur
- b) ϵ -D Funktion zwischen Normaltemperatur und Curie-/Néel-Temperatur

1.3 Magnetische / elektrische Tunneffekt-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

SIS-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und sehr *dünner* I-Schicht:

- + magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)
- + elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

FM-Schalfunktion analog:

- a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c
- b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion zwischen Normaltemperatur T und T_c

1.4 Magnetische / elektrische Supra-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

SIS-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und *dicker* I-Schicht:

- + magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)
- + elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

- Supra-Leiter (S-Leiter)
- Supra-Nichtleiter (S-Isolator)
- Supra-Halbleiter (S-Halbleiter)

(mit "gebundenen" Elektronen-Paare, Elektronen-Loch-Paare)

FM-Schalfunktion analog:

- a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c
- b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei zwischen Normaltemperatur T und T_c

2. Funktionsweise des FM

2.1 Offene oder geschlossene Abschirmgehäuse-Geometrie

2.2 Kinematischer FM

FM als Scheibe mit Dicke s

- a) FM-Scheibe aus einem magn. leitenden Stoff
- b) FM-Scheibe lamelliert aus verschieden stark leitenden Stoffen

2.2.1 Passiver FM

2.2.1.1 Isotropie im Lamellenblech

- Weichmagnetische Ferrite mit hohem spez. el. Widerstand
- CoFe-Legierung, Cobalt-Eisen hat sehr hohe Permeabilität bei hohen Induktions-Werten,
- Legierung mit 3% SiFe
- Legierung mit 6,5% SiFe hat sehr hohen spez. el. Widerstand.

2.2.1.2 Anisotropie im Lamellenblech:

Kristallanisotropie:

- Kornorientierte Bleche: Resultierende Magnetisierungskurve \rightarrow Verteilung der Vorzugsrichtung der vielen Kristalle über die Winkel
- Kristallorientierung: Co mit hexagonaler Kristallstruktur: magnetische Leitung entlang der 00.1-Richtung, in Sperr-Richtung 10.0, d.h. die 00.1-Richtung liegt beim FM transversal
 - \rightarrow hexagonale Kristallanisotropie \rightarrow zur gezielten, richtungsorientierten magn. Leitung.
- Verwendung eines Co-Einkristalls, geschnitten in der entsprechenden 00.1 - Richtung.
- CoFe-Bikristall oder CoCr-Bikristall
- SiFe-Bikristall $\mu_{\max} = 3800000$

Magnetfeldinduzierte Anisotropie:

FM mit kristalliner Legierung:

Einstellung der Richtungsordnung K_u durch Magnetfeldglühung:

Ordnung statistisch, geordnet oder richtungsgeordnet

FM mit amorpher Legierung:

- Richtungsordnung im Nahbereich (über wenige Atome), Anisotropie durch eintempen des Magnetfeldes

Spannungsinduzierte Anisotropien:

- Magnetostriktive Spannungsenergie:
- Spannungsanisotropie durch *Zugspannung*:
- Spannungsanisotropien unter *Druckspannung*:
- Mech. Spannung \rightarrow umgekehrte Magnetostriktion

2.2.1.3 Lamellierung der FM-Scheibe Frequenzabhängigkeit

Frequenzeinfluß auf Hystereseschleife

- mit zunehmender Frequenz wird die Schleife breiter: das Material wirkt dann magnetisch härter; magnetisch weicher Stoff hat schmale Hysterese

Gleichfelder

- Aussteuerungseinfluß μ_{\max} B_{opt}

Wechselfelder

Kompensation der entgegengerichteten Wirbelstrom- und Spinrelaxations-Kräfte im FM

→ *Mechanische, elektrische und magnetische* Anti-Wirbelstrom-Prinzipien:
Elektrische und magnetische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien: siehe aktiver FM

a) Mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien:

FM-Lamellenstruktur wird in der Anzahl / Dicke dynamisch angepaßt

- mehr anziehendes weichmagnetisches Material mit $-(BH)_{\max}$ und Dicke Δs einbringen (dynamische Permeabilitäts-Steuerung)
- Schlitz in den Lamellen
- Transversal inhomogener Magnetfeld-Gradient
- Transversal asymmetrische Stege
- Transversale Stege mit asymmetrischem Profil

Dynamische Orientierung der Trennfugen/Schlitze in Richtung Feldgradient
Dynamischer Orientierung der magn. Vorzugsrichtung: Drehung der Körner oder Kristalle in Richtung Feldgradient

Pulvermetallurgischer Stoff mit dichter Kugelpackung:

- Volumenwirbelströme → Teilchenwirbelströme

Kubische Mikrostruktur, hergestellt durch Sputtern, Aufdampfen, galvanisch oder mechanisch durch Laserstrahl getrennt

- Volumenwirbelströme → Teilchenwirbelströme

FP / FS-Struktur:

In den Flußleitstücken (FS) sind die Blechorientierungen ausschließlich parallel zu longitudinalen Richtung, also parallel zum Fluß und senkrecht zu den Wirbelströmen; die FS überdecken nur die Pol-zu-Pol Verbindung zwischen den verschiedenen, gegenüberliegenden, sich abstoßenden PM's.

Grenzfrequenz

Periodische Vorgänge

Ein-Ausschalt-Vorgänge

Blechdicke

- kleine Wirbelstromverluste und hohe Grenzfrequenz durch geringe Banddicke und hoher spez. elektr. Widerstand
- Banddicke geht quadratisch ein: Übergang auf dünnes Band besonders wirksamer Weg zur Erhöhung der Grenzfrequenz

Dünne Schichten

- 30- μ m Band: Permeabilitätsabfall wirbelstrombedingt
- 3- μ m Band Permeabilitätsabfall durch Spirelaxation bestimmt
- CoCr Schichten: hexagonale Kristallachse als magnetische Vorzugsachse; Elementarbereiche haben säulenförmige Struktur
 - a) FM: Kristallorientierung parallel zur Schichtebenen/Lamellen
 - b) FP: Kristallorientierung senkrecht zur Schichtebenen/Lamellen

Spinresonanz

- Klappen der Spins in ihrer Orientierung mit Resonanzfrequenz

Eigenresonanz

- Eigenresonanzfrequenz aufgrund der Geometrie des FM (erhöhte Ummagnetisierungsverluste)

Oberfläche:

- Oberflächenbehandlung mit Laser + Verkleinerung der Weisschen Bezirke

2.2.2 Aktiver FM

I. Aktive FM's, um den FM in seiner grundsätzlichen FM-Primäwirkung zu schalten/verstärken. Werkstoff: Ferrite kaum Wirbelströme

II. Aktive FM's, um den FM mit anziehenden Ko-Feldern, zur Unterstützung von anziehenden FM-Kräften, zu verstärken.

A. + magnetisch verstärkende Hilfsfelder

1. Longitudinale Richtung
 - a) Dünnere FM-Schicht mit der Folge einer höheren Abstoßungswirkung bei PM-Position im normalen Gleichgewichtsabstand
 - + Verstärkung der Anziehung durch anziehendes Hilfsfeld.
2. Transversale Richtung
 - a) Anziehung durch die PM's auf ferro-/ferrimagnetisches Material bei stark inhomogener Feldstruktur.
 - + Verstärkung der Abstoßung als Kompensation der transversalen Anziehung durch abstoßendes Hilfsfeld.

III. Aktive FM's, um den FM mit Anti-Feldern zur Kompensation von induzierten Kräften zu unterstützen.

A. Leitungselektronen im FM *nicht* vorhanden (ferrimagnetische Stoffe):
keine Kompensation, da spez. elektr. Widerstand sehr hoch.
= FM-Grundprinzip.

B. → Mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen *vorhanden*, aber mit *mechanischen*

Anti-Wirbelstrom-Prinzipien induzierte Ströme und Kräfte minimieren.

= Optimierung 1. Art.

C. → Elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen *vorhanden*, aber mit *elektrischen* Influenz-Prinzipien

Leitungselektronen außerhalb des magnetischen Feldwirkungsbereiches bringen.

= Optimierung 2. Art.

- Elektrischer Widerstand erhöht sich bei steigender FM-Temperatur, bei

FM-Halbleiter umgekehrt

- Elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien:

Die Entstehung der Wirbelströme eliminieren, d.h. die freien negativen

Leitungselektronen durch Influenz aus dem Wirkungsraum der

Magnetfelder verschieben und ggf. überführen → FM hat positive Ladung.

- Elektrische Anti-Wirbelstrom-Konstruktion

Kinematischer FM

Es müssen zwei Kräfte eliminiert werden:

a) Longitudinale Kräfte die durch die Lenz-Regel entstehen,

b) bremsende transversale Kräfte, die durch die transversale FM-Oszillation entstehen.

Stationärer FM

a) Longitudinale Kräfte die durch die Lenz-Regel entstehen,

- In-situ Entelektrisierung

Zur optimalen Wirkung der Influenz aknn es notwendig sein, das

FM-Material am Einsatzort (in-situ) positiv zu laden (elektrisch positive Vorspannung).

D. → Magnetische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen *vorhanden* im magnetischen Feldwirkungsbereich

→ aktiver Feldmodulator mit aktiven *magnetischen* Anti-Feldern.

= Optimierung 3. Art.

- Durch erhöhte Anziehungskräfte/Abstoßungskräfte (entgegengerichtete Anti-Austauschwechselwirkung)

→ Feldgegensteuerung durch aktiven FM: Magnetische

Anziehungs-Felder(in jede PM-Richtung eines), die durch einen

a) weichmagnetischen FM-Kern - wegen der hohen Permeabilität - erheblich verstärkt werden (dynamisch der Frequenz angepaßt)

b) durch zwei Kippschalter-PM (bei OT/UT ummagnetisiert), womit der Energieaufwand bei Kompensation der Lenz-Regel (Kompensation = abstoßend bei OT→UT, anziehend bei UT→OT) gering wird.

- In-situ Entmagnetisierung

Für optimale Abschirmwirkung kann es notwendig sein, das FM-Material am Einsatzort (in situ) durch ein Wechselfeld abnehmender Amplitude zu entmagnetisieren (wenn der FM in Offen-Stellung steht).

1. Longitudinal-Kraft-Kompensation

- a) Abstoßenden Wirbelstrom-Kräften (Lenz-Regel), wenn FM geschlossen und Bewegung PM → OT.

Der aktive FM besteht darin, daß er seine longitudinal anziehende Wirkung in der Stärke steuern/regeln kann, um so das Gleichgewicht (trotz Wirbelstrom-Abstoßung aufgrund der Leitungselektronen im FM) dynamisch erhalten zu können.

2. Transversal-Kraft-Kompensation

Auch die transversale Wirkung der

- a) Abstoßung durch Wirbelströme (Bremseffekt) kann dynamisch gesteuert werden:

Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende FM je ein anziehendes Gegenfeld (antiparallel anziehend) zur Erzeugung des Gleichgewichtes oder zur Kompensation von statischen/dynamischen Gegenkräften gegenüber dem jeweilis abstoßenden Magneten = "ZU"; "AUF" = ohne Magnetisierung.

Die Magnetisierung sollte bistabil sein, weil dann die Feldkraft ohne äußere Energiezufuhr bei der Bewegung der PM's von UT bis OT erhalten bleibt.

Varianten zur aktiven Feld-Erzeugung / Gegenfeld-Kompensation:

- a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung

- b) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsdraht

Die Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.

- c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse

- Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
- Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle, wegen geringer dynamischer Ummagnetisierungsverluste

- d) Beachte bei hoher Aussteuerung: Absinken des Schirmfaktors im passiven FM mit steilem Abfall in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn das Material in die Sättigung gerät.

- e) Eine Hochfeldspule wirkt wie eine Luftspule ohne Verstärkung durch den weichmagnetischen Kern.

E. Magnetische + elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Konstruktion des kinematischen FM:

Die elektrische (Ursache E-Feld) und magnetische Influenz (Ursache Induktion) kann bei richtiger Orientierung der Pole und Bewegungsrichtung des FM zusammengelegt werden, sodaß die Wirkungen sich vektoriell addieren.

- Magnetische und elektrische Influenz gleichgerichtet orientiert
- Elektrische und magnetische Influenz gekreuzt orientiert.

Kopplung aktiver FM mit kinematischem FM

- a) Die Prinzipien können (und/oder) zu den mechanischen Prinzipien angewendet werden.

- b) Sie können mit dem kinematisch-passiven FM gekoppelt werden, um Wirkungen / Kompensationen dynamisch verändern zu können.
- c) Kopplung mit weichmagnetischem doppelräumigem Abschirmgehäuse (magnetischer Nebenschluß, im Takt offene/geschlossene Geometrie) ohne kinematische Bewegung.

3. Stationärer Feldmodulator (mit/ohne Lamellierung)

FM-Typen als Feld-Schalter und/oder Verstärker:

Stationär-aktive Sperrschicht zur Flußsteuerung in der FM-Schicht:

3.1 Permeabilität-Induktion-FM

PM Verschiebung um $\Delta s \rightarrow -\Delta B$: $B_{\max} \rightarrow B_{\text{opt}} \rightarrow B_{\max}$

3.2 ThermoMag-FM

Normaltemperatur \rightarrow Curie- bzw. Néel-Temperatur

3.3 Anisotropie-FM

1. Kristallorientierung / Kornorientierungs-Umschalter

(ggf. dynamisch in der Richtungsorientierung zum Feldgradient):

Transversale oder longitudinale Kristall- / Kornorientierung

= Flußorientierung = magnetische Vorzugsrichtung schaltbar.

- Kornorientierte Bleche: Resultierende Magnetisierungskurve \rightarrow Verteilung der Vorzugsrichtung der vielen Kristalle über die Winkel

- Kristallanisotropie \rightarrow Kristallorientierung: Co mit hexagonaler Kristallstruktur: magnetische Leitung entlang der 00.1-Richtung, in Sperr-Richtung 10.0, d.h. die 00.1-Richtung liegt beim FM transversal

- Verwendung eines Co-Einkristalls, geschnitten in der entsprechenden 00.1 - Richtung.

2. Magnetfeldinduzierte Anisotropie:

Magnetische Vorspannung durch Magnetfeldtemperung

FM mit kristalliner Legierung:

- Einstellung der Richtungsordnung K_u durch Magnetfeldglühung:

Ordnung statistisch, geordnet oder richtungsgeordnet

FM mit amorpher Legierung:

- Richtungsordnung im Nahbereich (über wenige Atome), Anisotropie durch eintempnen des Magnetfeldes

3. Spannungsinduzierte Anisotropien = Magnetostriktive Spannungsenergie:

- Spannungsanisotropie durch Zugspannung eintempnen:

- Spannungsanisotropien unter Druckspannung eintempnen:

- Mech. Spannung \rightarrow umgekehrte Magnetostriktion

Änderung der Permeabilität durch mechanische Beanspruchung

3.4 Weichmagnetischer Induktions-FM

Ausnutzung hoher Aussteuerung: Absinken des Leitfaktors (statt

Schirmfaktors) im FM mit steilem Abfall in Permeabilität-Induktion-Kurve,

wenn das Material in die Sättigung gerät $\rightarrow B_{\max}$

3.5 Hardmagnetischer Induktions-FM

- Hartmagnetischer Stoff hat unmagnetisiert Permeabilität $\mu \approx 1$ (!)
= transparent = FM "AUF".

Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende antiparallel angeordnete magnetisierte FM-Platten je ein anziehendes Gegenfeld zur Erzeugung des Gleichgewichtes gegenüber dem jeweilig abstoßenden Magneten → FM = ZU.

3.6 Induktionsstrom-FM

Induzierung eines Stromes / Stromimpulses in einem leitenden Teil (Al-,Cu-Ring) → Wirbelstrom →

1. Abstoßung beim Einschalten
2. Anziehung beim Ausschalten

Der Stromfluß in den Ringen muß so orientiert sein, daß die Feldwirkung auf die PM's im geschlossenen Zustand anziehend wirkt.

Die AL-Schicht bewirkt bei Verwendung auf der FM-Oberfläche in der Abschirmwirkung durch Wirbelströme eine dem PM-Feld entgegengesetzte Wirkung (je nach Bewegungsrichtung des PM anziehend/abstoßend), d.h. der Abschirmeffekt bei Abschirmung des Gehäuses ist gut, aber gleichzeitig erfolgt bei geschlossener Geometrie ein Abstoßungseffekt im FM mit Minderung des Wirkungsgrades der FKM.

Nur von außen induzierte Wirbelströme in dieser AL-FM-Schicht können so gepolt sein, daß eine Ko-Wirkung entsteht, sie ist dann aber keine Abschirmung gegen das PM-Feld. Es müssten zwei solche Platten verwendet werden, weil zwei antiparallele PM's vorhanden sind, und jeder Wirbelstrom muß so gerichtet sein, daß er anziehend zum jeweiligen PM wirkt, d.h. die Anziehung einer dünneren FM-Platte zum Gleichgewicht mit den PM bringt.

3.7 Grenzfrequenz-FM

Bei Überschreiten der Grenzfrequenz fällt die Permeabilität sprunghaft.

Periodische Vorgänge
Ein-Ausschalt-Vorgänge

3.8 Spinresonanz-FM

FM-Schaltvorgang: Spinnomente in der Richtung des Feldes / der Feldlinien (AUF) oder senkrecht zum Fluß (ZU) ändern / umklappen.

3.9 ParaFerro-/Ferri-FM

Die ferro-/ferrimagnetischen Atome sind alleine paramagnetisch. Eine schaltbare Sperrschicht sorgt dafür, dass sich Ferro-/ferrimagnetismus = Kopplung (innere Elektronenschalen-Austauschwechselwirkung) von außen gesteuert ausbildet bzw. in ihrer Lage weiterbewegt wird, oder die Struktur paramagnetisch bleibt.

FM transparent = paramagnetisch = keine Leitfähigkeit = "AUF":
→ Flußquanten durchqueren die Sperrschicht.

FM intransparent = ferro-/ferrimagnetisch = hohe Leitfähigkeit = "ZU":
Die FM-Schaltvorgänge sollten bistabil sein, da dann Energie während der PM-Bewegung gespart werden kann.

3.10 M-Halbleiter-FM

3.10.1 M-Diode:

Eine M-Halbleiterdiode leitet, wenn man sie in Durchlassrichtung polt, und sie sperrt den magnetischen Strom (Flußquanten), wenn sie entgegengesetzt gepolt ist.

M-Gleichrichterdiode

Sie wirkt wie ein Magnetstromventil und ist deshalb das geeignete Bauelement zur Gleichrichtung von magnetischen Wechselströmen.

M-Gleichrichter für hohe M-Spannungen

Durch Einschalten einer sehr schwach dotierten Zone zwischen hoch dotierten M-P- und M-N-Zonen entsteht ein M-PIN-Gleichrichter, der hohe magnetische Sperrspannung, aber niedrigen magnetischen Durchlasswiderstand hat: → magnetische Leitfähigkeitsmodulation.

M-Schaltdiode

Vorzugsweise für rasches Umschalten von niedriger magnetischer Impedanz (Scheinwiderstand = Vektorsumme der M-Einzelwiderstände) und umgekehrt.

M-Z-Diode

Magnetische Halbleiterdiode, bei der im Fall wachsender magnetischer Spannung in Rückwärtsrichtung von einer bestimmten magnetischen Spannung ab ein steiler Anstieg des magnetischen Stroms infolge Lawinendurchbruchs eintritt.

M-Kapazitätsdiode

Die magnetische Raumladungszone am M-PN-Übergang wirkt wie ein magnetischer Kondensator; Dimagnetikum ist das von Magnetisierungsträgern entblößte magnetische Halbleitermaterial. Erhöhung der angelegten magn. Spannung verbreitert die M-Sperrschicht und verkleinert die M-Kapazität; magnetische Spannungserniedrigung vergrößert die magnetische M-Kapazität.

M-Absorptionsdiode

M-Halbleiterdiode, bei der der M-Sperrschichtabsorptionseffekt ausgenutzt wird. Am M-PN-Übergang liegt magnetische Sperrspannung. Einfallender magnetischer Fluß löst Elementar-Magnetronen aus den M-Bindungen. Es entstehen dadurch zusätzlich freie Elementar-Magnetronen und Elementar-Magnetronen-Löcher. Sie erhöhen den magnetischen Sperrstrom proportional zum Einfall des magnetischen Flußes.

3.10.2 M-Transistoren

Funktion: a) M-Vertärkung (Stom, Spannung, Leistung)
b) M-Schaltung

des FM-Transistors (Transistoreffekt = Kopplungseffekt)

M-Transistor:

M-Transistoren sind *verstärkende aktive* oder *schaltbare* M-Halbleiterbauelemente, man kann sie in bipolare und unipolare M-Transistoren einteilen.

M-Sperrschicht ist die magnetische Basis für den

- a) Übergang zwischen parallelem Spins, FKG-Symbol ($\Rightarrow | \Rightarrow$) = Steuerung der Anziehung, oder
- b) Übergang zwischen antiparallelen Spins, FKG-Symbol: ($\Rightarrow | \Leftarrow$) = Steuerung der Abstoßung.

M-Transistorarten analog (6-188)

M-Transistor als Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom U_B verursacht beim M-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom U_C . Dies nennt man Magnetstrom-Verstärkung.

Ein M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (Θ) und Leistungsverstärker betrieben werden.

M-Transistor als Schalter

M-Transistoren als Schalter haben *zwei* Schaltzustände: Sie arbeiten in der

- a) magn. Sättigung (magn. leitend), oder sind
- b) gesperrt (magn. nichtleitend = magnetisch transparent).

M-Bipolar-Transistor

Der M-Transistor besteht aus 3 übereinanderliegenden M-Halbleiterschichten. Mittlere Zone = M-Basis, die beiden äußeren M-Emitter und M-Kollektor.

M-Feldeffekt-Transistor

Bei diesem Typ wird der Magnetstrom in einem magnetisch leitenden Kanal im Wesentlichen durch ein magnetisches Feld gesteuert, das durch eine über eine magnetische Steuer magnetrode angelegte magnetische Spannung entsteht.

3.10.3 M-Thyristoren

Drei aufeinanderfolgende M-PN-Übergänge führen zum magnetischen Thyristoreffekt und zu magnetischen Bauelementen, die - durch magnetische Signale getriggert - wie M-Kippschalter wirken.

M-Thyristor:

M-Thyristoren sind magnetisch schaltbare Bauelemente, mit vier aufeinander folgenden M-Halbleiterzonen wechselnder M-Leitungsart: M-PNPN.

Der M-Thyristor wirkt wie eine M-Diode, sobald M-Gatestrom fließt.

M-Thyristor-Arten:

M-Vierschichtdiode

M-Thyristoren mit Steueranschluß

M-GTO-Thyristor (GTO Gate Turn Off)

M-Triac (M-Zweirichtungs-Thyristordiode)

Alle Tyristoren können auch als D-Feld-Tyristoren gebaut werden.

Weiter Anwendung

Die magnetischen und elektrischen Feld-Halbleiter können auch als Semiconductor Bauelemente in magnetischen oder elektrischen Feld-Schaltkreisen mit Feld-Strömen statt Elektronen-Stömen, genutzt werden

3.11 Tunnel-FM

**Magnetische Energielücke und M-Supraleiter-Tunnelstrom.
mit SMISM-Kontakt**

Magnetische / elektrische Tunneleffekt-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

SM: Supraleitermagnet, I = FM: Dimagnetikum/Dielektrikum

SMISM-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und sehr *dünnere* I-Schicht:

- magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)
- elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

FM-Schälfunktion analog:

- a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c
- b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion zwischen Normaltemperatur T und T_c

Das Tunneln von magnetischen Flußquanten durch eine sehr dünne magnetische FM-Sperr-/Isolierschicht erfolgt aufgrund einer magnetischen Spannung und Energielücke. Die Elektrische Ladung Q (Verschiebungsfluß) entspricht dem magnetischen Fluß $\Phi = B \cdot A$.

Steuerung des Tunneleffektes

In dieser aktiven Version des FM werden magnetische Felder als generelles Grundprinzip zur Schaltung des FM benutzt:

Das Magnetfeld steuert die Transparenz der FM- Schicht für die magnetischen Flußquanten.

12. Supraleiter-FM

Magnetische / elektrische Supra-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

SM: Supraleitermagnet, I = FM: Dimagnetikum/Dielektrikum

SMISM-Kontakt mit Magneten oder Elektreten und *dicker* I-Schicht:

- magnetischer SM-I-SM-Kontakt für magnetische B-Flußquanten ($B = \mu \cdot H$)
- elektrischer SD-I-SD-Kontakt elektrische D-Flußquanten ($D = \epsilon \cdot E$).

- Supra-Leiter (S-Leiter)

- Supra-Nichtleiter (S-Isolator)

- Supra-Halbleiter (S-Halbleiter)

(mit "gebundenen" Elektronen-Paare, Elektronen-Loch-Paare)

FM-Schalfunktion analog:

- a) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c
- b) μ -B Funktion oder ϵ -D Funktion bei zwischen Normaltemperatur T und T_c

Zurzeit sind HTSL Supraleiter Typ 3 verwendbar, weil diese Supraleiter starke Magnetfelder verdrängen und deshalb in ihrer Wirkung diamagnetisch sind.

Zusammenfassung aktive FM-Varianten

1. Permeabilität-Induktion-FM = $\mu_{\max}/B_{\text{opt}}$ = max. Leitfähigkeit +
 μ_{\min}/B_{\max} = min. Leitfähigkeit
 $PM + \Delta s$ Abstand zur Magnetfläche + $\pm \Delta B$
2. ThermoMag-FM = Schalten Curie-/Néel-Temperatur
 Ferro-/ferri-magn. /ferro-/ferri-elektrisch
 Magnetisierung "einfrieren"
3. Anisotropie-FM = Kristallorientierung / Kornorientierung
 ändern + magn. Vorzugsrichtung
 = mech. Spannung (Villareffekt)
 umgekehrte Magnetostriktion
4. Weichmagn. Induktions-FM = + $\pm \Delta B$ + $B_{\text{opt}} - B_{\max}$
 Impulsmagnetisierung mit
 Pulskompression
5. Hardmagn. Induktions-FM = Magnetische Kippschalter oder
 instationäre magn. Spannung
6. Induktionsstrom-FM = Induzierter Wirbelstrom "An"/"Aus"
 in z.B. AL-/Cu-Schicht
7. Grenzfrequenz-FM = unter/über der Grenzfrequenz
8. Spinresonanz-FM = Klappen der Spinrichtung
 (Ferro-/Ferrimagnetische Resonanz)
9. ParaFerro-/Ferri-FM = Ferro-/Ferri-Front-Wanderung
10. M-Halbleiter-FM: = Magnetronen / Magnetronen-Löcher
 M-Diode, M-Transistor, M-Thyristor
 + Schaltung / Verstärkung / Triggerung
11. M-Tunnel-FM = SMISM-Kondensator
 magn. Tunnelstrom mit dünner I-Schicht
 = Dimagnetikum = FM, magnetische
 Spannung + durchleitend - gesperrt
12. Supraleiter-FM = SMISM-Kondensator
 magn. Strom mit dicker I-Schicht
 = Dimagnetikum = FM, magnetische
 Spannung + durchleitend - gesperrt

Vergleichstabelle RM-Typen B_r[T] mit weichmagnetischen Stoffen

zu FKM-Pat3

Statische und dynamische Neukurve Permeabilität μ bei B[T]

Weichmagn. Stoff	Dicke μ_{\max} B[T]	XXL	722HR	745HR	633HR	764TP	764AP
$s =$		1,519T	1,47T	1,44T	1,35T	1,37T	1,3T
I. VAC							
Megaperm 40L							
hoher spez. elekt.	0,1	55918(0,615)	1164 (1,462)	1509 (1,438)	2812 (1,332)	2198 (1,377)	3175 (1,08)
Widerstand 0,60	50Hz	55227(0,552)					
→ hohes f	60Hz	51131(0,508)					
Q = 8,20		106 10123					
$s_{\min} = 0,05\text{mm}$		302,9 9774					
	0,2	50420(0,42)	1149 (1,443)	1149 (1,462)	2156 (1,356)	1903 (1,377)	3121 (1,29)
	50Hz	46996(0,48)					
	60Hz	43270(0,432)					
	106	11490					
	302,9	9627					
	0,5	45885(0,768)	1161 (1,459)	1161 (1,459)	1934 (1,38)	1934 (1,38)	3198 (1,301)
	1,0	32708(0,724)	1152 (1,448)	1152 (1,448)	2178 (1,355)	1918 (1,372)	3163 (1,293)
Permenorm 5000 V5							
feinkörnig	0,23	141638(0,656)890 (1,526)	1492 (1,463)	1695 (1,445)	2798 (1,364)	2557 (1,373)	4228 (1,298)
isotropes	0,35	188124(0,658)1190 (1,525)	1743 (1,468)	1979 (1,449)	3244 (1,358)	2950 (1,377)	4848 (1,294)
Gefüge	0,5	149381(0,692)1175 (1,544)	1727 (1,466)	1962 (1,449)	3242 (1,369)	3242 (1,369)	5574 (1,294)
spez. el. Wid. 0,45	50Hz	39676(0,597)					
Q = 8,25		60Hz 35889(0,534)					
$s_{\min} = 0,05\text{mm}$	1,0	120841(0,643)1027 (1,511)	1511 (1,462)	1718 (1,446)	3319 (1,347)	2921 (1,364)	4863 (1,298)

- 1 -

FKM-P3c, A2.0, 31.07.2003

-168-

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

171

Weichmagn. Stoff μ_{\max} B[T] 764AP 764TP 764HR 764TP 764AP
 $s=$ 1,3T 1,37T 1,35T 1,37T 1,3T
 Permenorm 5000 S4
 höchste Reinheit 1,0 145322(0,548)1229 (1,544) 2309 (1,450) 10510 (1,32) 10510 (1,320) 10510 (1,320)
 niedrigste Koerzitivfeldstärke Die Werte können auf andere Dicken übertragen werden, VAC hat z.Z. keine anderen Werte
 spez. el. Wid. 0,40 Es ist der Einfluß von Verspannungen zu beachten.
 $\rho=8,25$ Das Material S4 ist erheblich teurer als V5, aber es hat Faktor 2 bessere μ -Werte.
 $s_{\min}=0,05\text{mm}$

Vacoflux 48 Mit kleiner Koerzitivfeldstärke und besonders geringen Verlusten bei hohen Aussteuerungen.
 $\rho=8,12$ 0,2 19507 (1,408) 18323 (1,521) 18323 (1,521) 19507 (1,408) 19507 (1,408) 19507 (1,408)
 $s_{\min}=0,025\text{mm}$ 0,35 22825 (1,329) 19047 (1,581) 20293 (1,465) 20293 (1,465) 20357 (1,278) 20357 (1,278)
 $0,44 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Bei VAC keine dynamischen Neukurve-Werte vorhanden

Vacoflux 50
 $\rho=8,12$ 0,2 19234 (1,269) 17284 (1,508) 17284 (1,508) 17284 (1,508) 18559 (1,408) 19243 (1,269)
 $s_{\min}=0,025\text{mm}$ 0,35 19052 (1,445) 17739 (1,547) 19052 (1,445) 19052 (1,445) 18706 (1,234) 18706 (1,234)
 $0,44 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Vacofer S1 (RFe)
 geringer spez. elektr. Widerst. 0,8 45044 (0,917) 1266 (1,515) 2903 (1,470) 5718 (1,439) 21668 (1,349) 17873 (1,370) 27796 (1,308)
 → keine hohen f
 $\rho=7,87$
 $s_{\min}=0,2\text{mm}$
 $0,10 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Weichmagn. Stoff Dicke μ_{\max} B[T]

s=

Travoperm N2 kornorientiert

Bei VAC keine Werte vorhanden

Travoperm N3 isotrop

0,1	10399 (0,638)	426 (1,510)	549 (1,474)	711 (1,443)	1564 (1,365)	1564 (1,365)	2623 (1,309)
50 Hz	10946 (0,803)	783 (1,513)	1144 (1,471)	1609 (1,381)	2359 (1,340)	1609 (1,381)	3416 (1,288)

Mumetall

s=0,025-2,0

smin=0,025mm

Ultraperm 250 s=0,05

Sättigungspolarisation 0,74T

höchste Permeabilität 50Hz $\mu_{\max}=400000$

niedrigste Koerzitivfeldstärke

spez. elektr. Widerst. 0,60

s=0,05mm

Ergebnis VAC-Werkstoffe:

1. Megaperm 40L hat $0,60 \Omega \text{mm}^2/\text{m} = 1,36$ mal wie Vacoflux, aber bei 1,519T nur $\mu = 1164$
2. Permenorm 5000 S4 hat $0,40 \Omega \text{mm}^2/\text{m} = 66\%$ von Megaperm 40L, sogut wie Vacoflux 48 aber bei 1,519T nur $\mu = 1229$ und bei 1,3T $\mu = 10510$ (= 2 mal besser wie Permenorm 5000 V5.
3. Vacoflux 48 hat $0,44 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ und auch bei 1,519T $\mu = 18323$ wie auch bei 1,3T $\mu = 19507$
4. Vcofer S1 hat niedrigen spez. el. Wid., bei 1,3T $\mu = 27796$, bei 1,519T nur $\mu = 1266$
5. Kornorientierte SiFe-Legierung mit 3% Si: Trafoperm N3

Die Entscheidung für Joch/Gegenstück und Topf-Material fällt für Vacoflux 48, da haben wir die größte Bandbreite von B- μ / Leitfähigkeit für den Feldmodulator.

- 3 -

FKM-P3c, A2.0, 31.07.2003

-171-

12.08.03

174

Weichmagn. Stoff Dicke $\mu\text{max B[T]}$
s=

II. EBG

XL
1,519T

722HR
1,47T

745HR
1,44T

633HR
1,35T

764TP
1,37T

764AP
1,3T

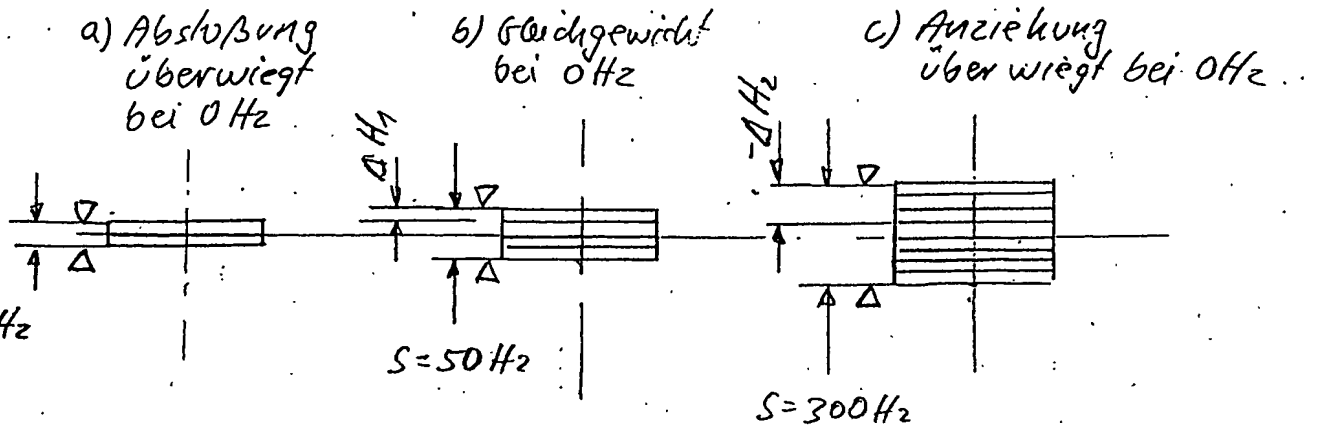
-4-

FKM-P3c, A2.0, 31.07.2003

I. VI Feldmodulator-Prinzipien (M-FM)

175

Bild 1: Lamellenstruktur wird dynamisch angepost in der Dicke s .



Bei der Anspannung der FM-Dicke s zur Steigerung der Anziehung des FM als Kompensation gegen Wirbelstrom-Abstoßung ist darauf zu achten, daß sich der OT-Punkt (∇OT) verschiebt, deshalb muß der PM-Kolben durch ein z.B. Knicke-Platzen nachgeregelt werden mit $-\Delta H$.

Alternative: c) als negative Vorspannung (für $f=300 \text{ Hz}$) mit $-\Delta H_{\text{max}}$

Bild 2:

Dynamische Nodführung der anziehenden Kraft
bei Hub $H_{min} \rightarrow H_{max}$

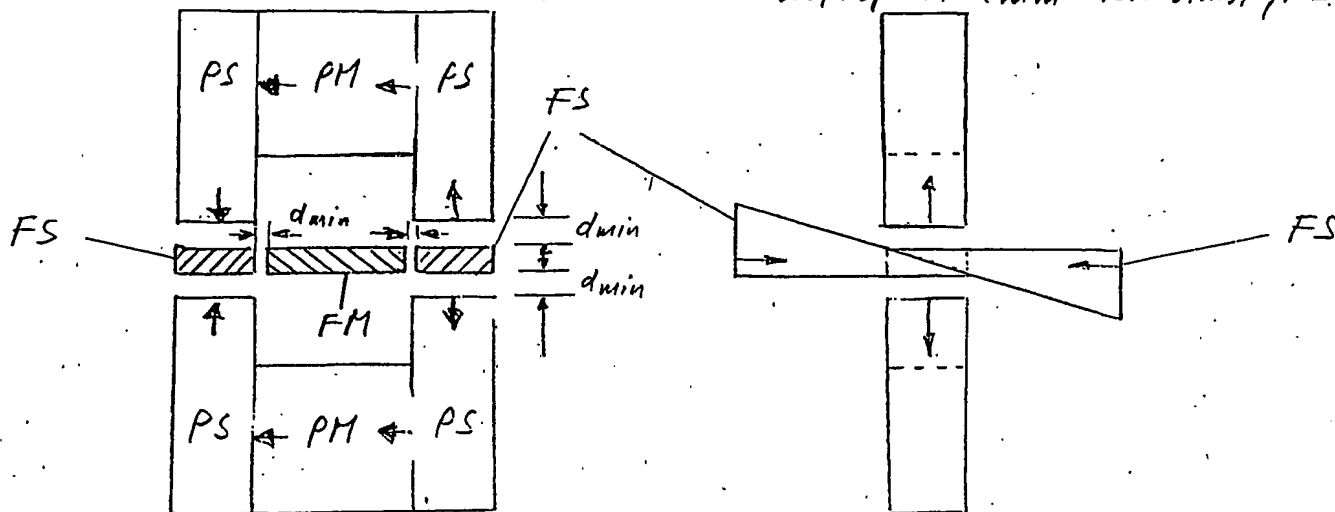
PM: Permanentmagnet, PS: Polschuh

FS: Fußstücke

d_{min} = Luftspalt

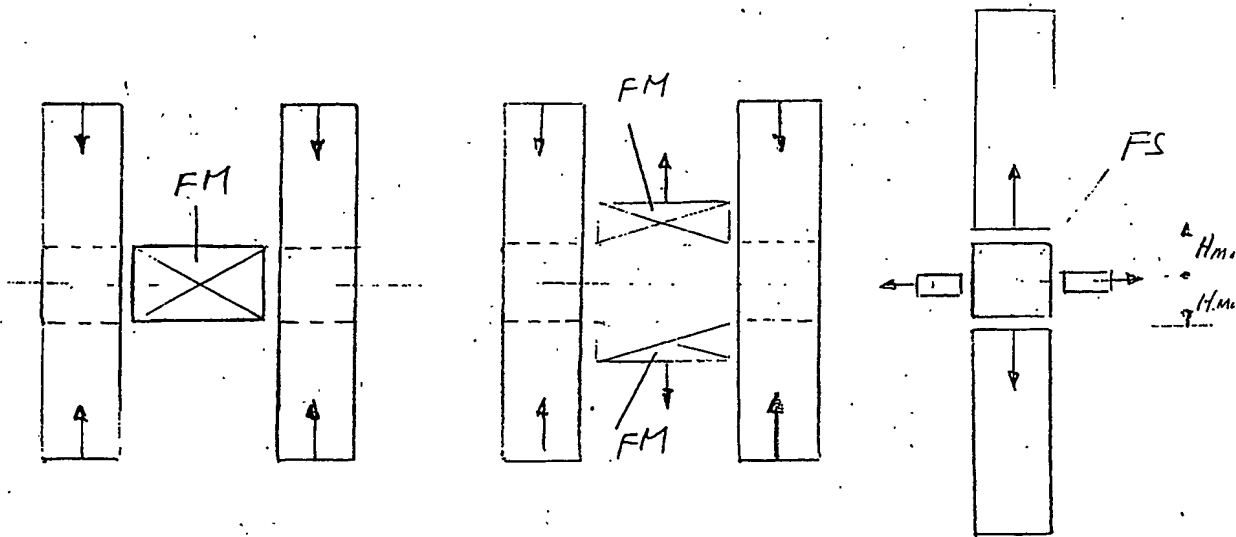
FM: Feldmodulator

Kontinuierliche Länge
simultan zu Hub $H \rightarrow$
Luftspalt $d_{min} = \text{konstant}$, $F = k$



H_{min} -Stellung

b)



a) FM "ZU"

b) FM "AUF"
= Abstoßung F_{max}

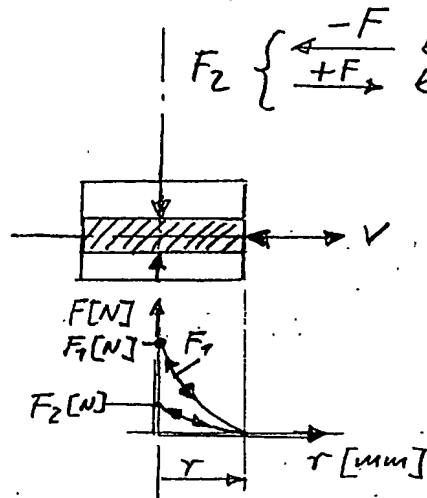
c) H_{max} -Stellung
= Abstoßung
 F_{max}

FM-Magnetfluß im Hauptschluß zu PM

\Rightarrow Abstoßung / Anziehung
im Gleichgewicht

Bild 3: Kompensation transversaler dynamischer Kräfte

- a) Anziehung durch PM: $F_1 = \text{konstant}$ $F = f(r)$
 b) Bremsseffekt durch Wirbelströme sowohl $-F_2$ als auch $+F_2$ F_1 : Anziehung durch PM



Beidek. absloßende + anziehende Kräfte neutralisieren auch Anziehung + Wirbelströme in der geometrischen Mitte des PM

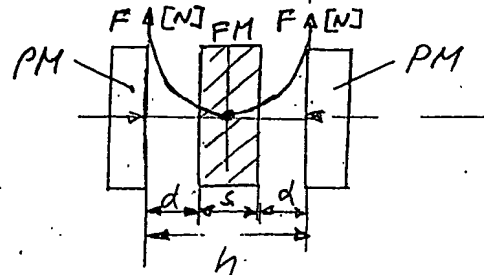


Bild 4: kinematischer FM Ant/Zu in Luft/Vakuum
4-Phasen der Kraft-Steuerung / Druck-Steuerung

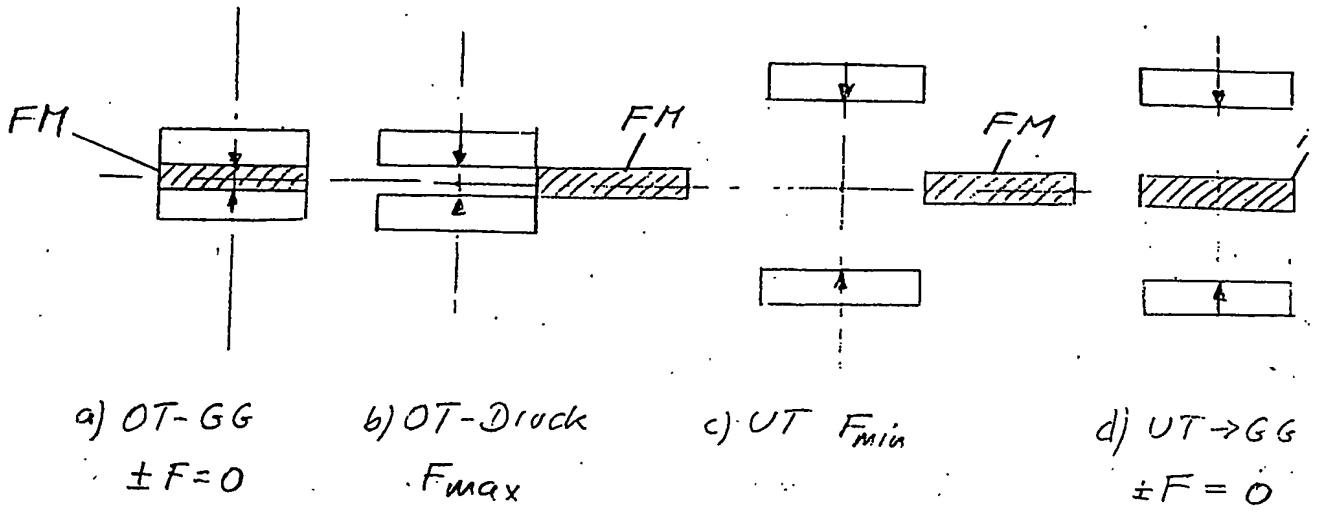
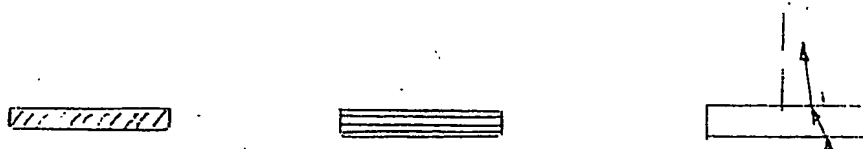


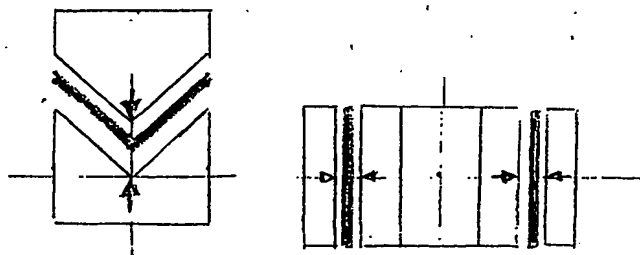
Bild 5: Geometrie: offene Geometrie



5.1) Platte

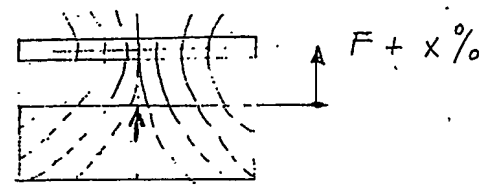
5.2) lamelliert

5.3) Brechung wie in Optik:
Feldlinien werden zum Lot hin gebrochen



5.4) KONUS

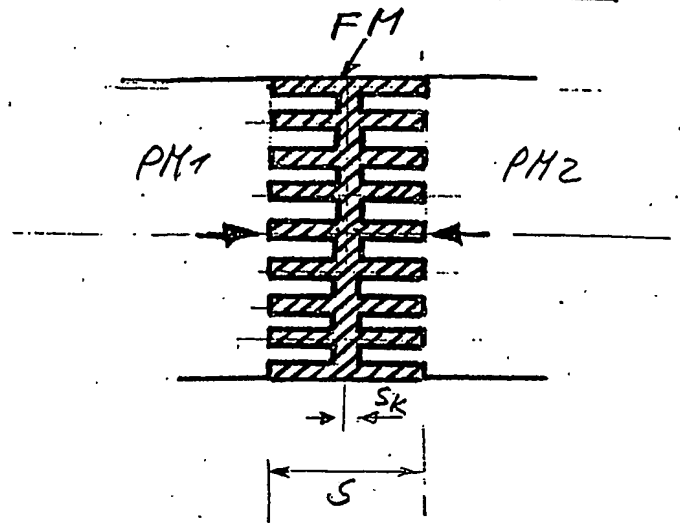
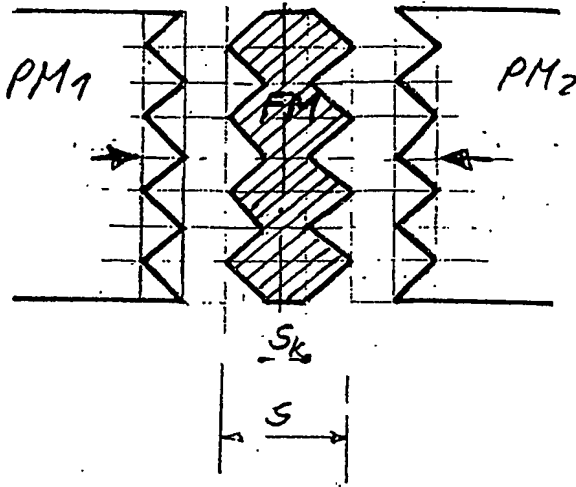
5.5) Tandemsystem



5.6) Feldkonzentration durch Kornstrukturierung mit Feld zum Antennenrand wie AP gepunkt

5.7 Größere Fläche des FM $\rightarrow > F$, $F = B^2 \cdot A / 2 \mu_0$

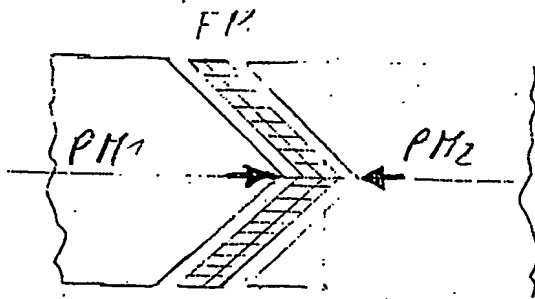
1. Klauen-FM



option: Integrierter Hallgenerator im Träger S

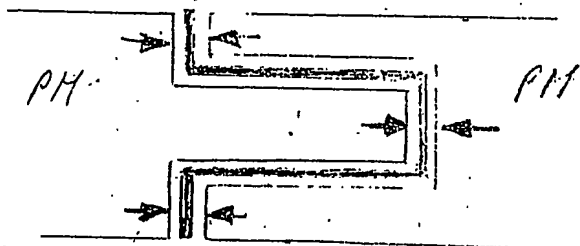
5.8) Hubvergrößerung

5.8.1. Fläche vergrößern

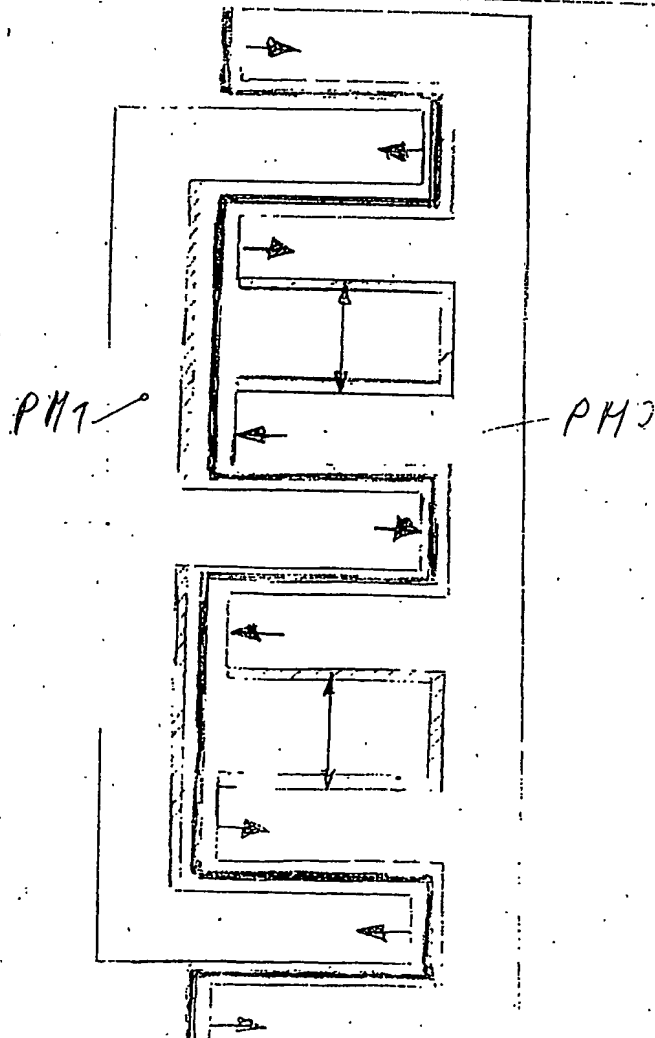


FM ... Bildgebung ermöglichen

5.8.2. Hub vergrößern



5.8.3.



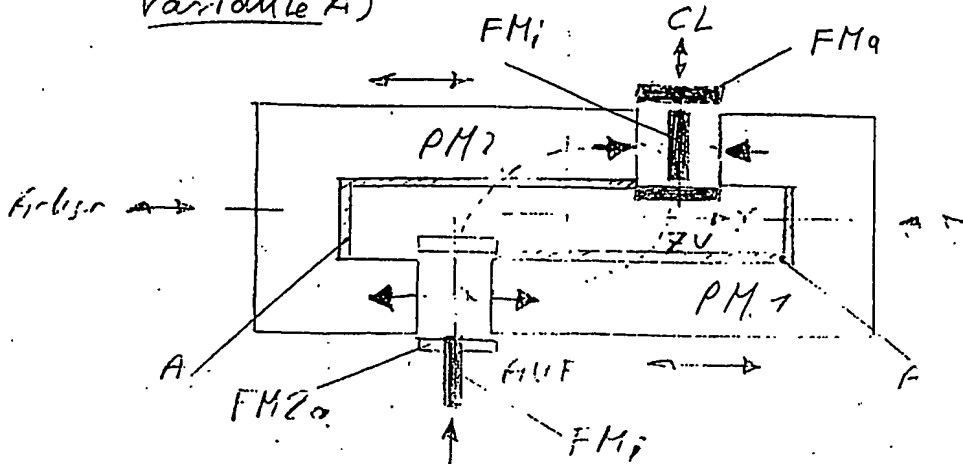
3. 2 ineinander tauchende
Hufeisen-Magnete

mu-Metall

$\frac{d}{t}$ FM ... Bildgebung ermöglichen

9. Prinzip langer Hub

1. Grundprinzip Variante A)



A: Abschirmung

FM₁: FM innen, in der Bewegung in Y oder Z-Richtung
FM₂: FM außen (Bewegung in Z-Richtung)

Grundprinzip

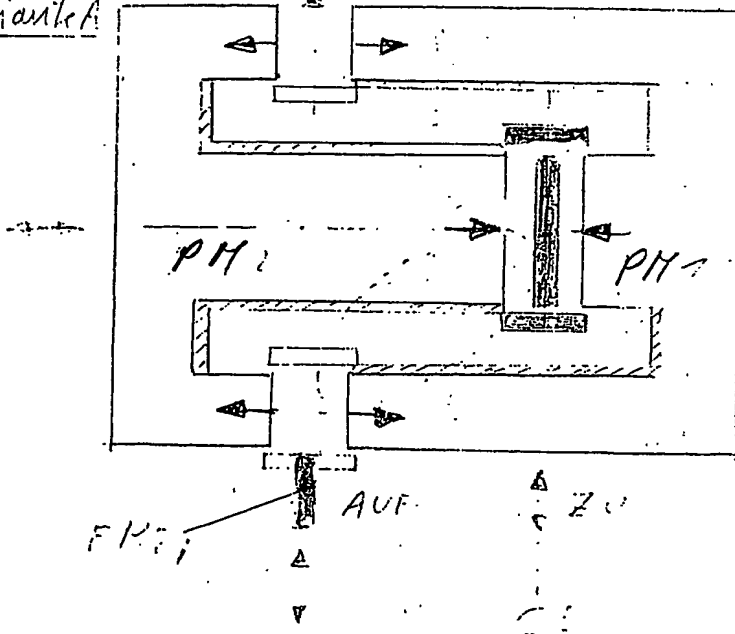
Es müssen immer zwei Führungen vorhanden sein, um die Bewegung des FM in Y oder Z-Richtung zu steuern. Die FM₁ steuert die Bewegung in Y-Richtung, die FM₂ steuert die Bewegung in Z-Richtung. Die FM₁ ist innen, die FM₂ ist außen.

FM₁ steuert die Bewegung in Y-Richtung, FM₂ steuert die Bewegung in Z-Richtung. Die FM₁ ist innen, die FM₂ ist außen.

Die Bewegung des FM₁ ist in Y-Richtung, die Bewegung des FM₂ ist in Z-Richtung. Die FM₁ ist innen, die FM₂ ist außen.

1. Variante

Variante A)



Variante A): FM₁ = ZU; FM₂ = AUF

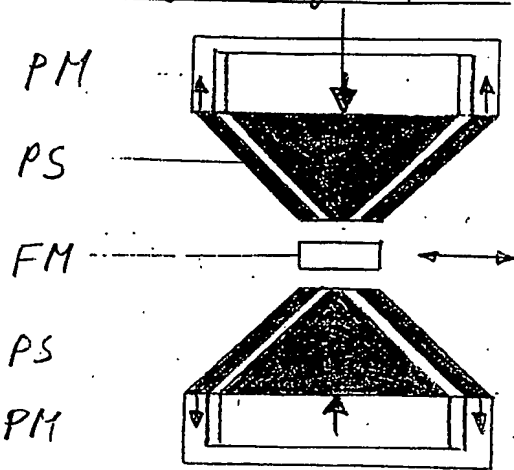
B): FM₁ = ZU; FM₂ = AUF
→ FM₁ = AUF; FM₂ = ZU
→ FM₁ = AUF; FM₂ = ZU
→ FM₁ = AUF; FM₂ = ZU

5.10 Felder konzentrieren und homogenisieren durch Polschub

- wegen kleinerer Querschnitten können kürzere Schaltzeiten durch kleinere Wege realisiert werden.

Einsatz von Polschubern PS:

1. single-Magnetpaar



2. Polare Anordnung der Magnete

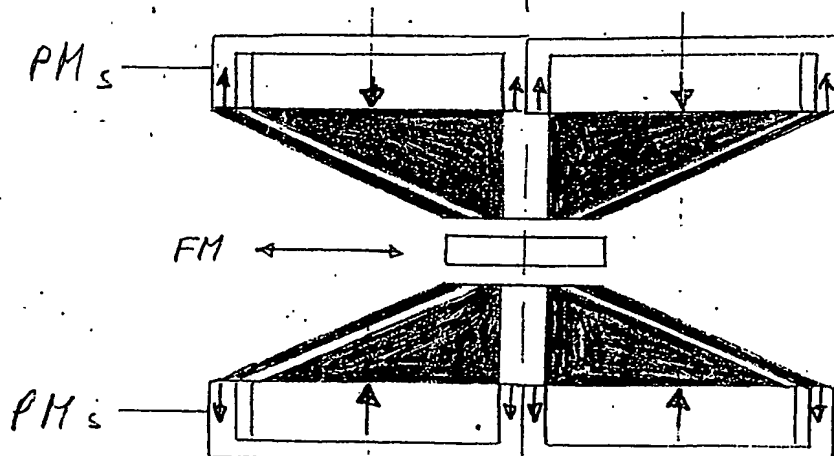
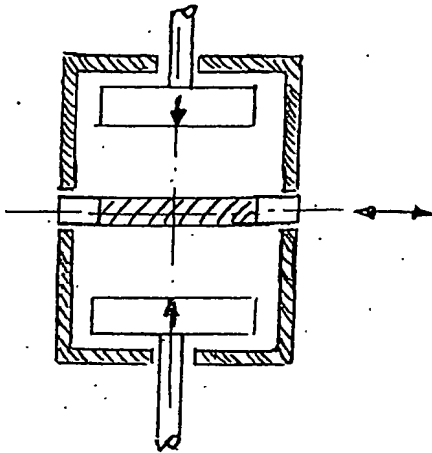


Bild 6: Geschlossene Geometrie



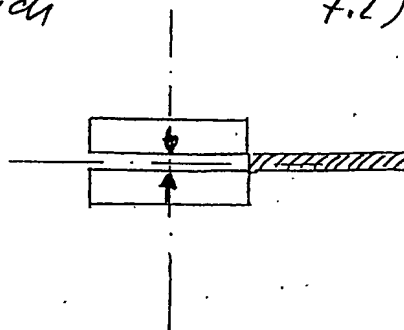
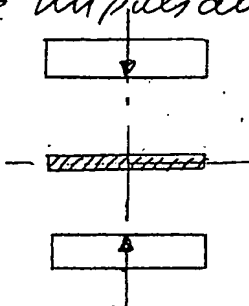
Bem.: +Wechselfelder:
Der Schirmfaktor fällt bei Schirmen mit Öffnungen (offene Geometrie) mit steigender Frequenz ab.

Im Gegensatz zu vollständig geschlossenen Schirmen (geschlossene Geometrie), bei denen er exponentiell ansteigt.

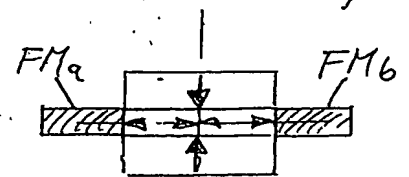
⇒ Schirmfaktor bedeutet Abstoßungsfeld (wegen induzierten Wirbelströme in der Abschirmschicht)

⇒ Vermeidung der Abstoßung → offene Geometrie des FM verwenden!

Bild 7: Passiver FM ohne Hilfsfelder
7.1) ohne Impulsausgleich



7.2) mit Impulsausgleich



$\frac{1}{2}$ Verschleißzeit
 $\frac{1}{2}$ Wirbelstromeffekt

7.3

Innenfeld Feldmodulator - Arten, Optimierung

181-

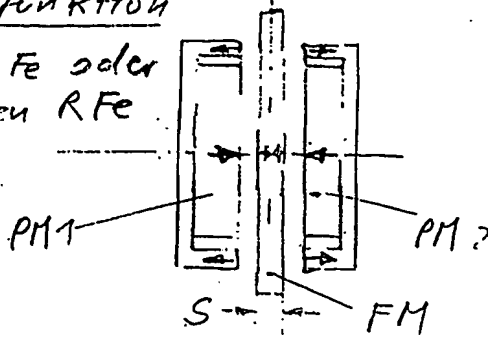
Verstärkung der Anziehung $\rightarrow < S$

184

3.1. Anziehung durch Stoff - Art mit S

1. Grundfunktion

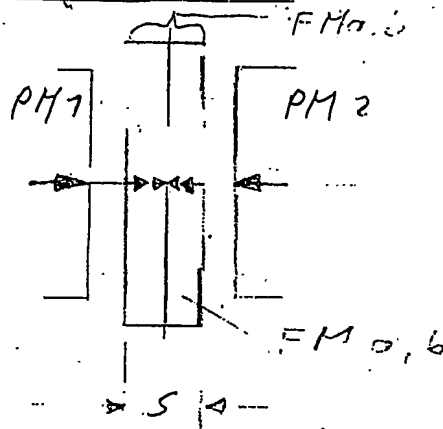
FM = CoFe oder weicheisen RFe



Gleichrichtung Stoff mit S mit Abstoßung zwischen PM1 und PM2
FM mit hoher Permeabilität (große Abschirmwirkung)

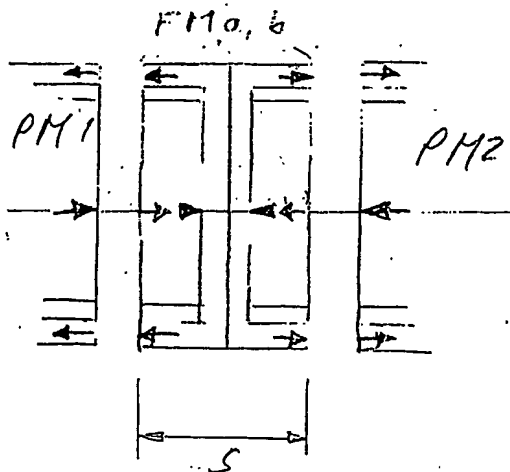
3.2. Feldstärke, "Anziehung verstärken" $\rightarrow < S, \rightarrow > F$

2.1. Permanenzmagnet - FM



Ziel: Dicken S verkleinern

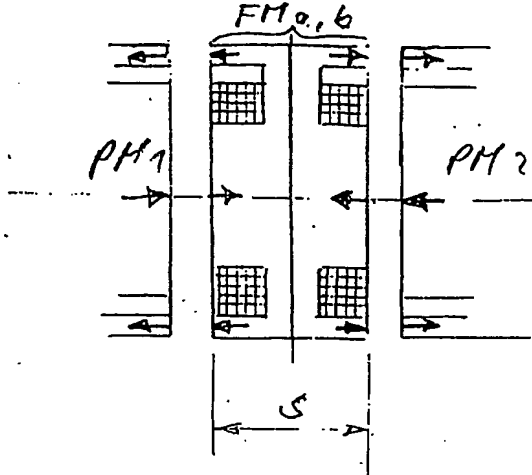
3.2.2. Integrierter Permanenzmagnet - FM



Topfkonstruktion vor
Ziel: S verkleinern durch Hilfsfeld

5.11.07

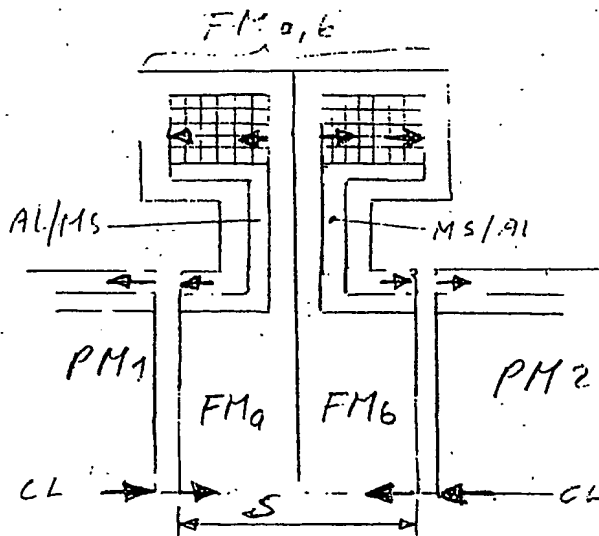
7.3.2.3. Integrierte Spule mit a) weichmagnetischem Kern oder



b) mit hartmagnetischem Kern
→ schaltbarer Dauermagnet.
Ziel: S verkleinern

- a) aufgrund Verstärkungswirkung des Fe-Kerns und geringen Spulenstrom.
b) Magnetisierung/Demagnetisierungspuls
Spule kann auch flache Spirale sein, um S sehr klein zu machen (Spule gräzt auf Fe-Substrat).

Äußeres Magnetfeld für FM



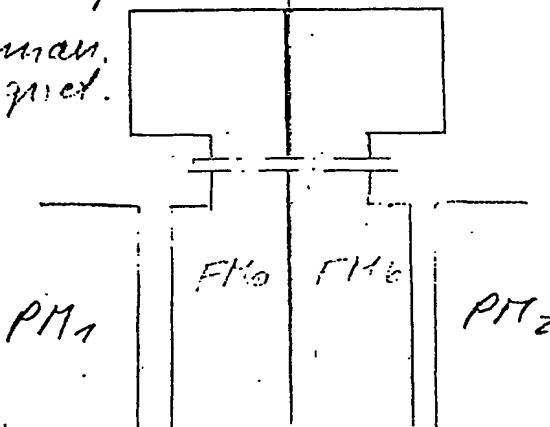
- a) äußeres Primärinduktivmaget mit Flußleit-Ebenen
b) äußerer E-Magnet
(Energie darf Gesamtbilanz nicht aufsteigen)
Verstärkung durch Fe-Kern oder Magnetisierung/Demagnetisierung Masse des i.t. mit Spule etc beachten → höhere kinetische Energie.

3.1.5. Entkoppelter Feldmodulator

→ geringere kin. Energie, da Spule/ferromagnetisch nicht mitbewegt werden müssen.

- a) weichmagnetischer Kern mit Spule
b) hartmagn. Kern mit Spule

c) perman. magnet.

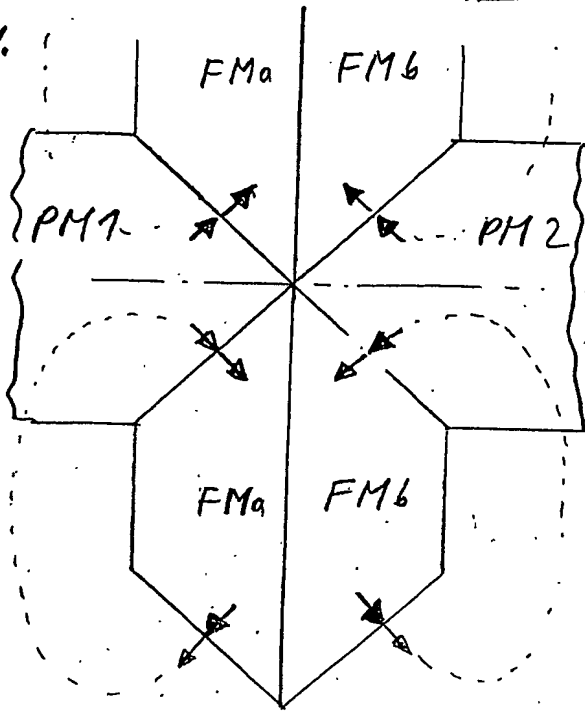


Spule/Primärinduktivmaget = stationär
FM = bewegt

7.4

Außenfeld-FM-Arten

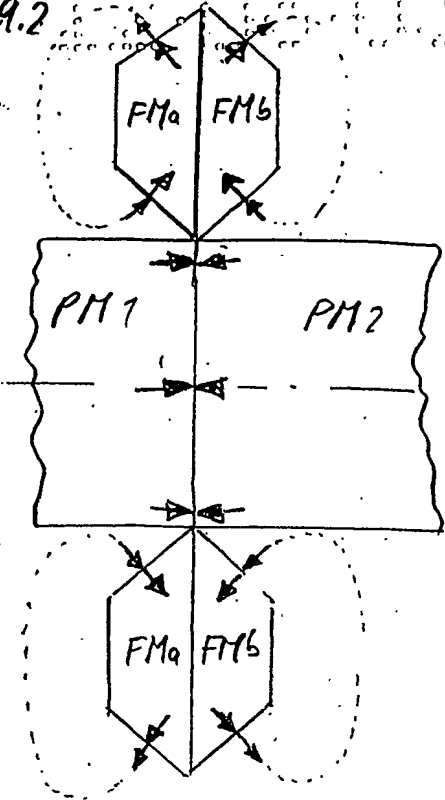
7.4.1.



(magnetische Linse)

7.9.2

186



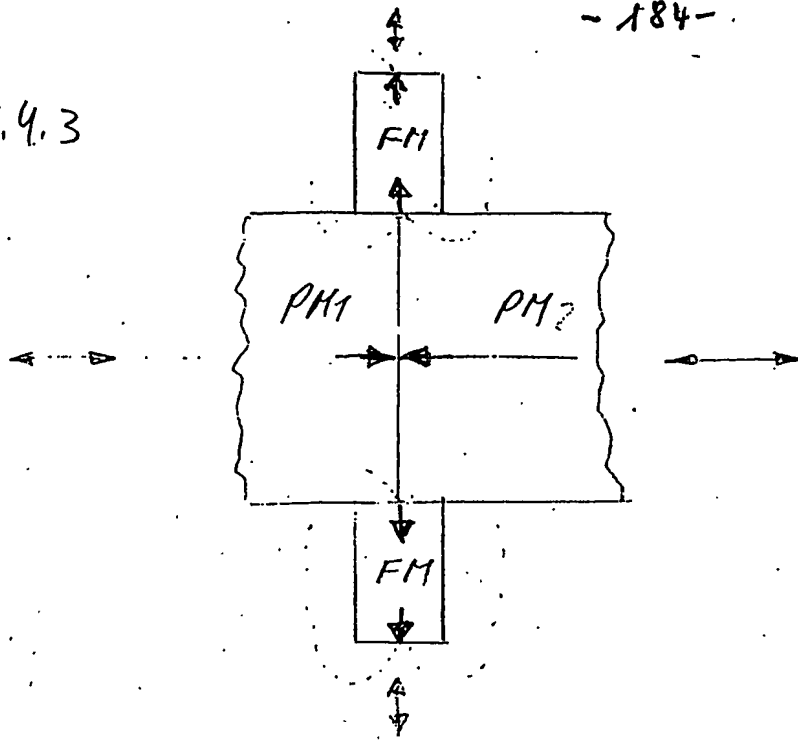
(magnetische Linse)

Permanentmagnete - FM oder E-Magnet-FM
Gleichgewicht nicht durch Fe-Anziehung, sondern
durch Permanentmagnet-Anziehung oder E-Magnet-
Anziehung

5.11.02

J. W. W.

7.4.3

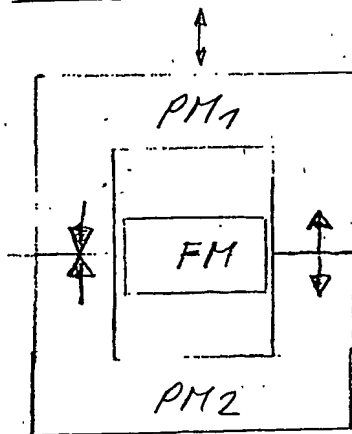


Permanenzmagnet oder F-Magnet

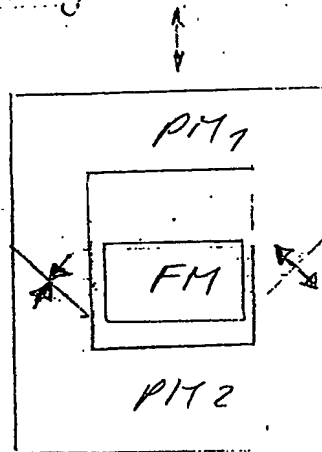
7.4.4

Eisen-FM mit Hufeisen-Magnet

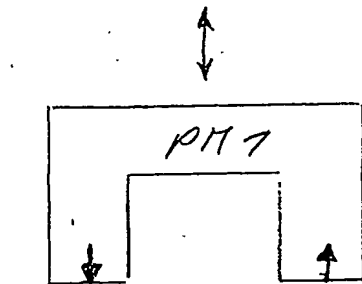
1a)



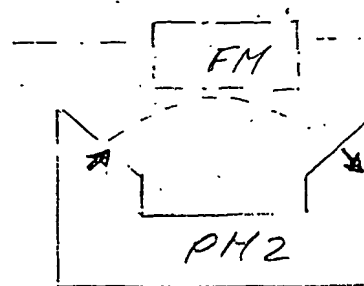
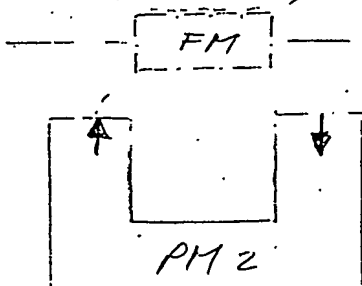
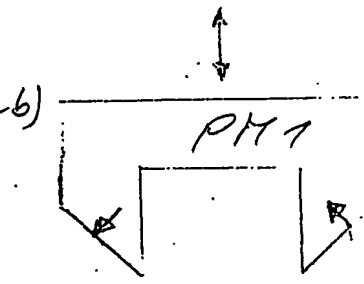
2a)



1b)

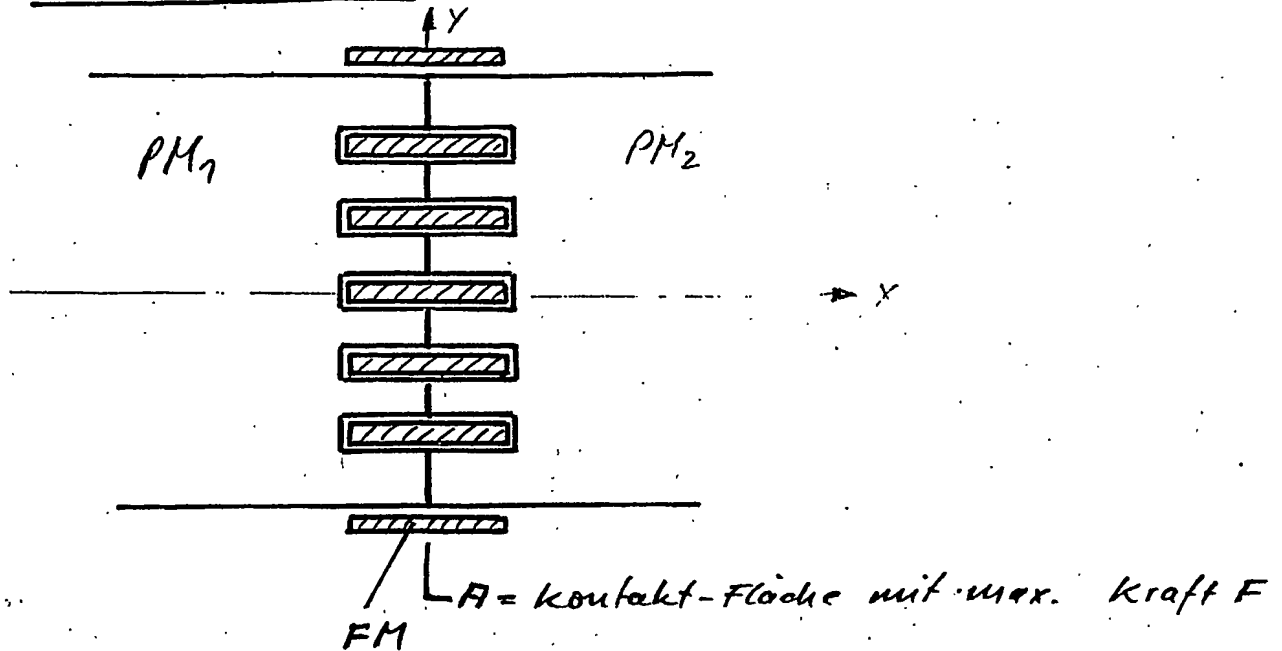


2b)



7.5

Aussen-FM-Kamm



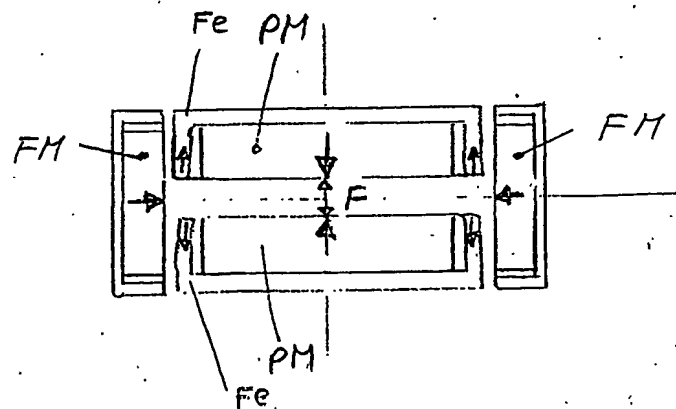
FM aus hochpermeablem Fe

FM-Bewegung in Richtung Z-Achse

7.6

Aussen-Magnet

Gleichgewicht zwischen Fe-Anziehung durch FM und FB-Abstoßung



FMs können statt Permanentmagnete (bewegte Masse, auch Spulen mit Impulsbetrieb sein.

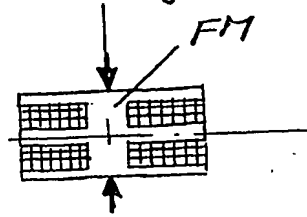
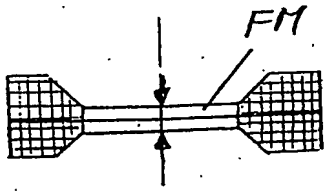
a) Spule mit weichmagnetischem Kern

b) Spule mit hartmagnetischem Kern
... (unvollständig)

Bild 8:

FM Erste Art:

Aktiver FM mit kinematischer Bewegung und Hilfsfelder, FM-Bewegung senkrecht zur Zeichenebene



AUF: wegen $\mu=1$ = Luft
ZU: wegen bistabiler
 PM-Feld (magnetisiert)

8.1) außenliegende Spulen
 antiparallele Anziehung

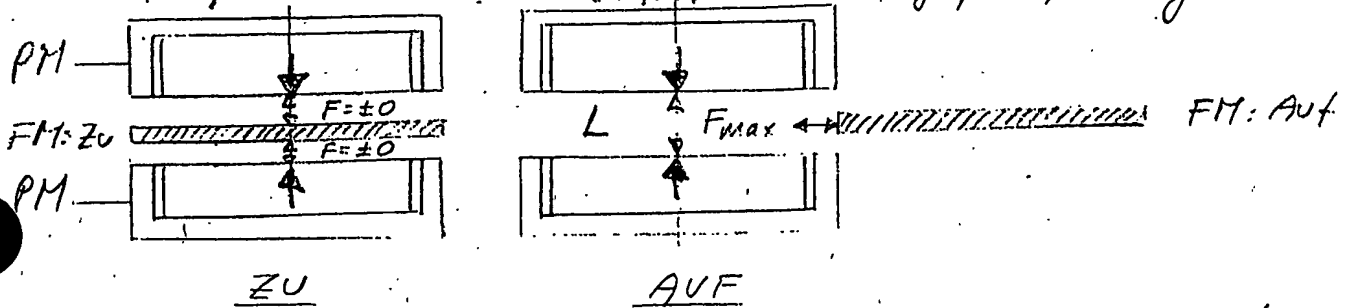
8.2) innenliegende Spulen
 antiparallele Anziehung

Generelles Prinzip des Feldauschalters FFA

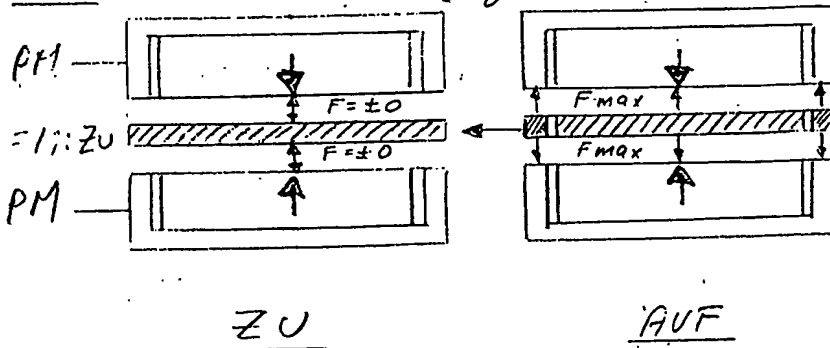
Modulation des statischen Feldes durch

- A) kinematischer Schalter mit passiv - und/oder aktivem Material und passiv - oder aktiv - Feld, aktiv: Gegenkraft durch einwirkendes Magnetfeld.
- B) Bistabiler Permeabilitäts-Schalter durch Temperaturdifferenz zum Umkipppunkt (T_c).

M.: Austausch FFA im Gleichgewicht gegen Luftspaltinduktion = magu. Flussdichte im LS. Material Z_u gesperrt, Gleichgewicht



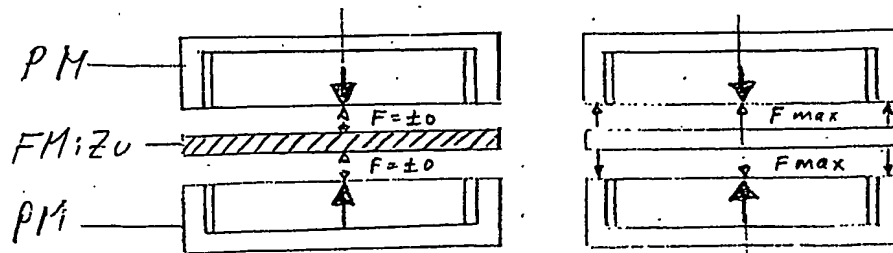
A2: FM Austausch gegen Magnetfeldflussplatte = Zoneinplatte ZF



MF - ZF

Beim Luftspaltverlust in A wird durch MF-ZF verhindert; MF-ZF wirkt wie ein Flussleitstück bzw. Polschuh.

2.: Bistabiler Permeabilitäts-Schalter



Zu bei $T_c = X^\circ C$

Auf bei $T_c = Y^\circ C$

2.1 Temperatur T_c wirkt Spinkopplung auf.

FM schaltet von "ferromagnetisch" in "paramagnetisch"

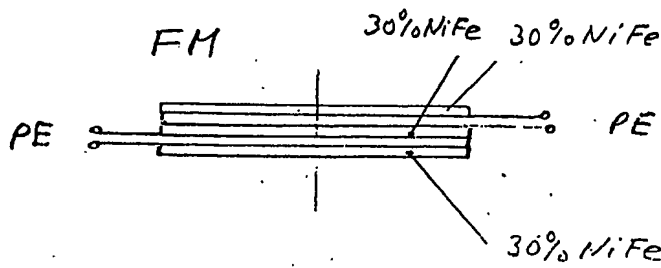
Wirkung um durch T_c Temperaturänderung B-T-Kurve (145) Curietemperatur (bzw. T_c)

B-T-Kurve: Induktions-Temperatur-Kurve.

zu 2.1 Bistabiler T_c -Schalter

Wenn die Ambientemperatur schnell geschaltet werden soll, so geht das elektrisch mit Peltierelementen, die sowohl Hitze wie Kälte liefern.

Der Feldmodulator ist ein Gyrotechnische mit integrierten Peltierelementen aufzubauen.

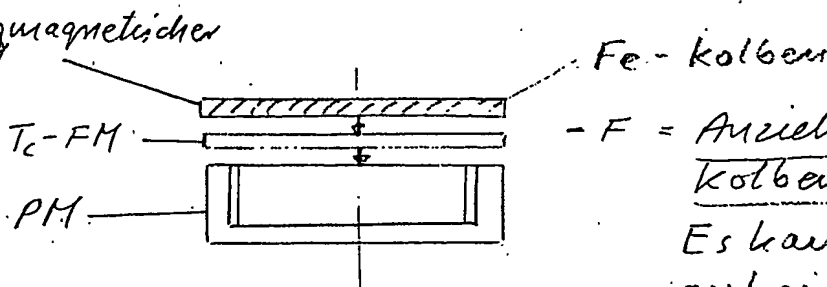


Schalttemperatur $T_c \sim 30^\circ\text{C}$

Die Schichten sind sehr dünn, so dass schnell von paramagnetisch - ferromagnetisch umgeschaltet werden kann.

Ergänzung

Die Sättigungsmagnetisierung bei diesen Werkstoffen ist nicht sehr hoch ($< 0,57$).



- F = Anziehung des ferromagnetischen Kolbens bei T_c -FM "Auf".

Es kann bei dieser Konstruktion auf einen abstoßenden Gegenmagnetismus verzichtet werden (Gewichtssparnis).

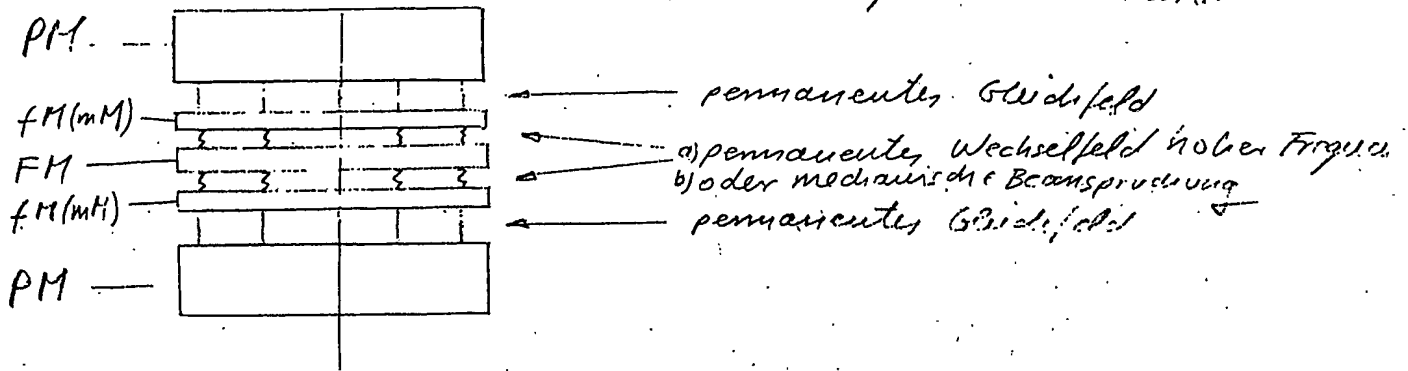
2.2 Grenzfrequenz-Schalter

FT-Schaltung durch Frequenz große Grenzfrequenz
 → Änderung der Permeabilität

PM: Permanent-Magnet

FM: Feldmodulator

fM: Frequenzmodulator



Der fM wird entsprechend der Nutzfrequenz gebildet.

1. Bei $OT = "An"$ → FM paramagnetisch → transparent aufgrund hoher Frequenz des nun ungenutzten Gleichfeldes in ein Wechselfeld

→ Die Permeabilität aller magnetischen Stoffe weist oberhalb einer bestimmten Frequenz einen deutlichen Abfall → Grenzfrequenz. Ursache: Wirbelstrom-phenomene.

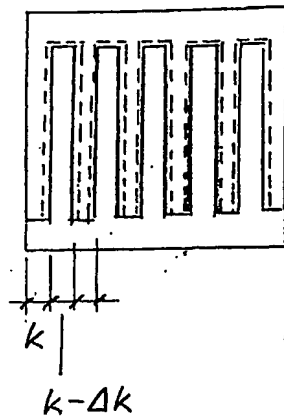
2. Bei $UT = "Aus"$ → FM ferromagnetisch → gesperrt. Kolben kann in Gleichgerichtetverlängerichtung OT sich bewegen.

2.3. Magnetoelastischer Schalter

Der umgekehrte Effekt des Magnetoelastischen bedeutet die Änderung der magnetischen Eigenschaften, wie etwa der Permeabilität μ , durch mechanische Beanspruchung (Villariefekt).

Wirkung: Anstelle der FM wird ein mit fM (magnetelastischer Modulator) eingewickelter, der die Permeabilität der FM ändert.

Bild 10 Longitudinale Lamellierung



Oszillation
↔

$$k = s \quad s = \text{Foliendicke}$$



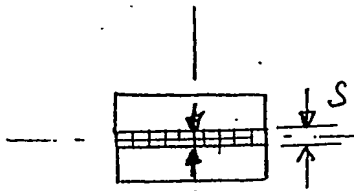
übereinander versetzt,
Spalten müssen überdeckt sein.
Beachte Überlappungslängen
für transversalen Fluß.

Bänder und Dicken unter 0,05 mm können zu
Folienpaketen verarbeitet werden. Daraus lassen sich
durch Feilen- oder Formstülpschneiden.

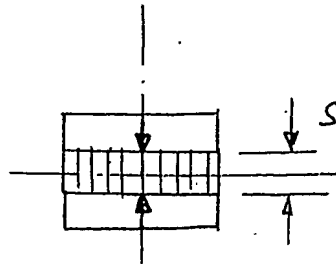
Bild 11: Energieverbrauchs beim Tunnel Effekt

1. Innen-FM

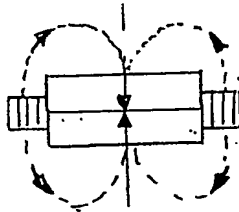
a) $\mu \approx 1, < S$



b) $\mu \gg 1, > S$



2 Außen-FM

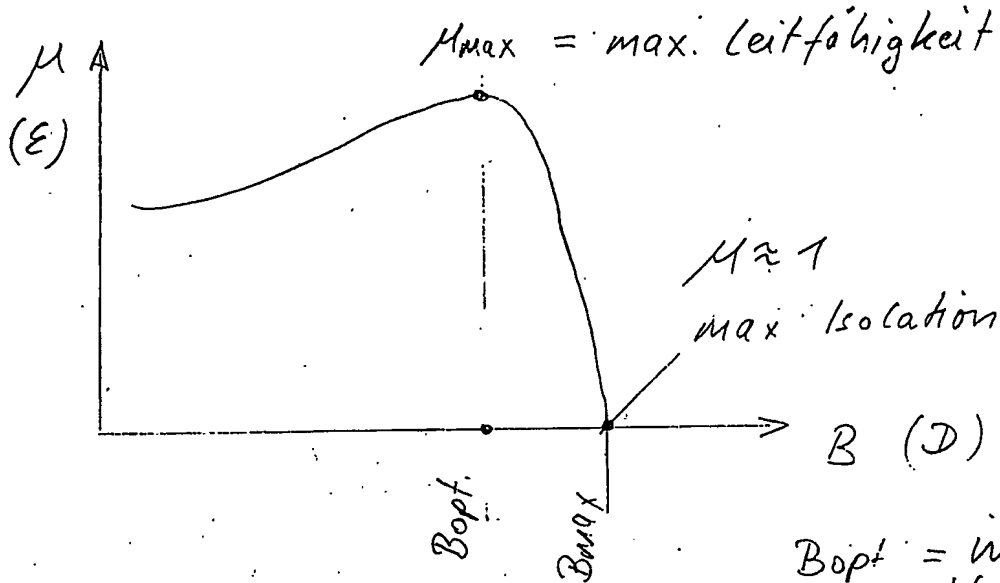


Transparent FM vs.

Anziehende Wechselwirkung

Bild 12: Permeabilität-Induktion FM

Schaltung, d.h. Position Δd von Magnet-
oberfläche zu FM-Oberfläche
Anwendbar für μ -B oder E-D Feld



B_{opt} = intransparent = "Z"
(ferromagnetisch)
 B_{max} = transparent = "A"
(paramagnetisch)

"Zu"-Position

"Auf"-Position

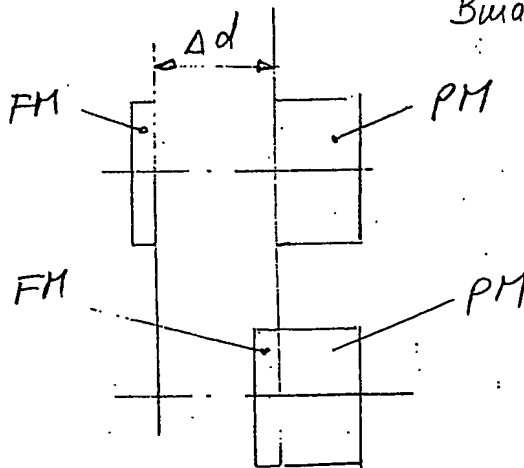


Bild 13: M-PN-Übergang

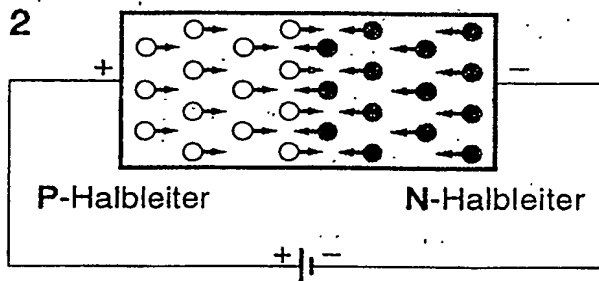
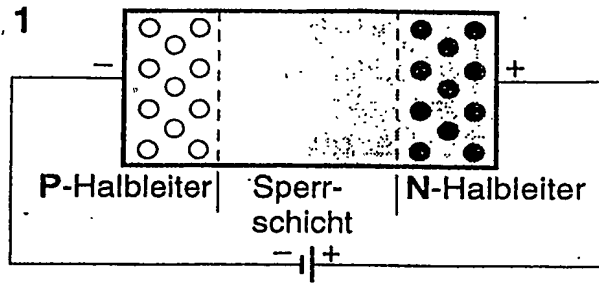


Bild 14: Bipolar M-NPN-Transistor

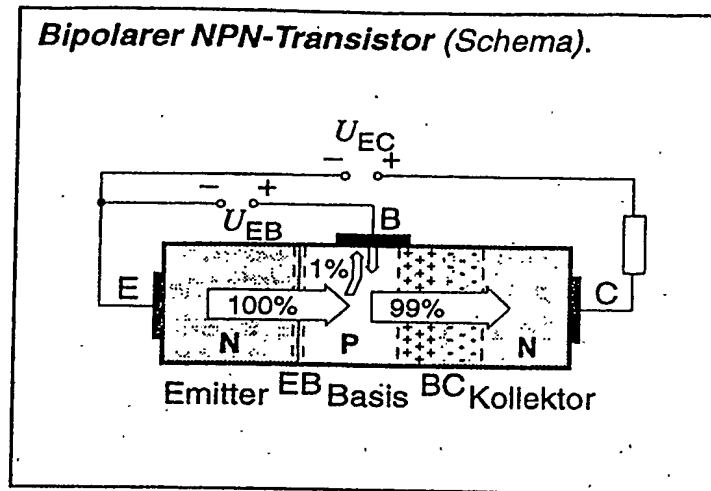


Bild 15: Sperrschicht M-FET, M-MOS

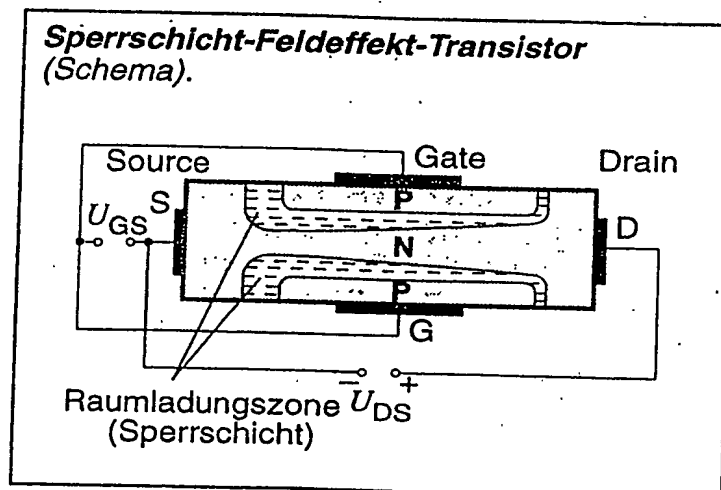


Bild 16: M-PMOS Transistor

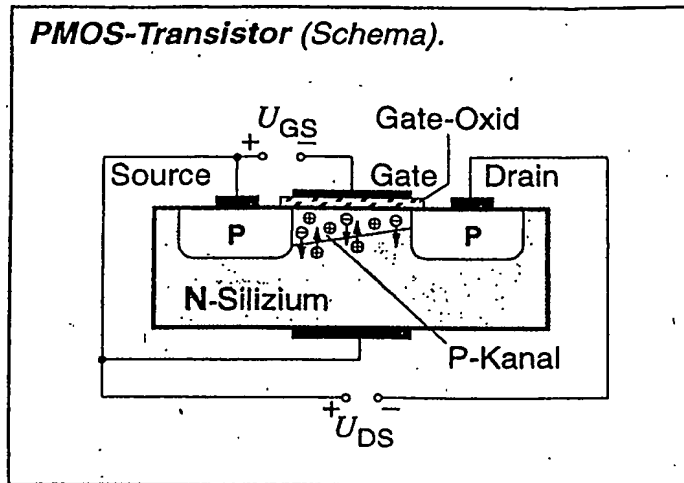


Bild 17: M-CMOS Transistor

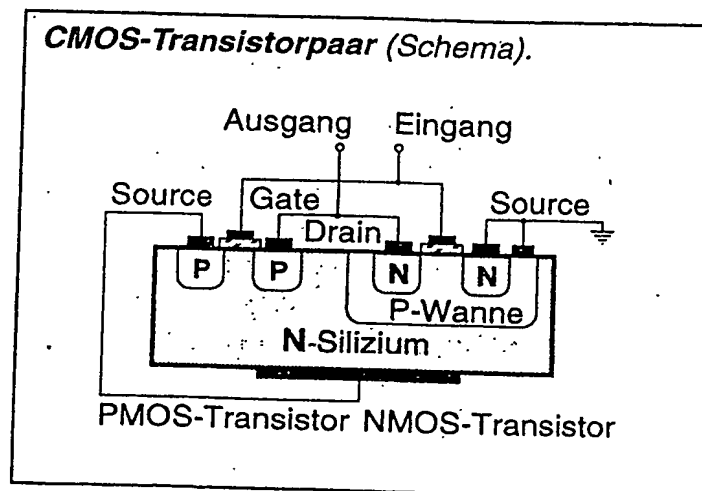
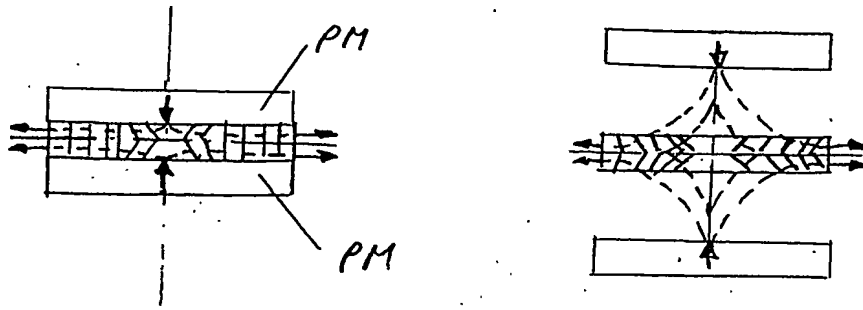


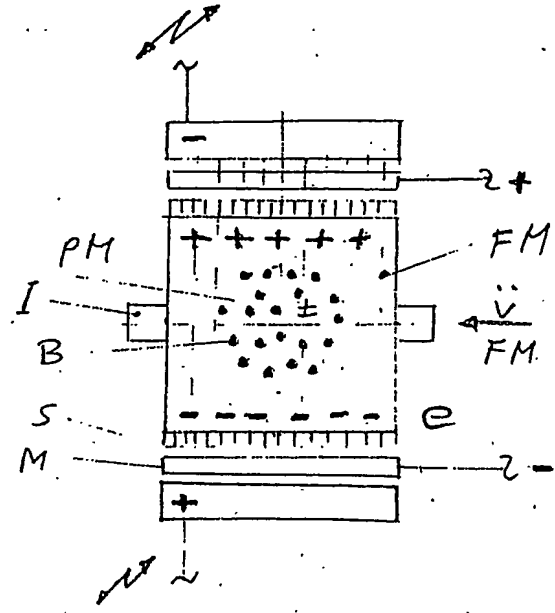
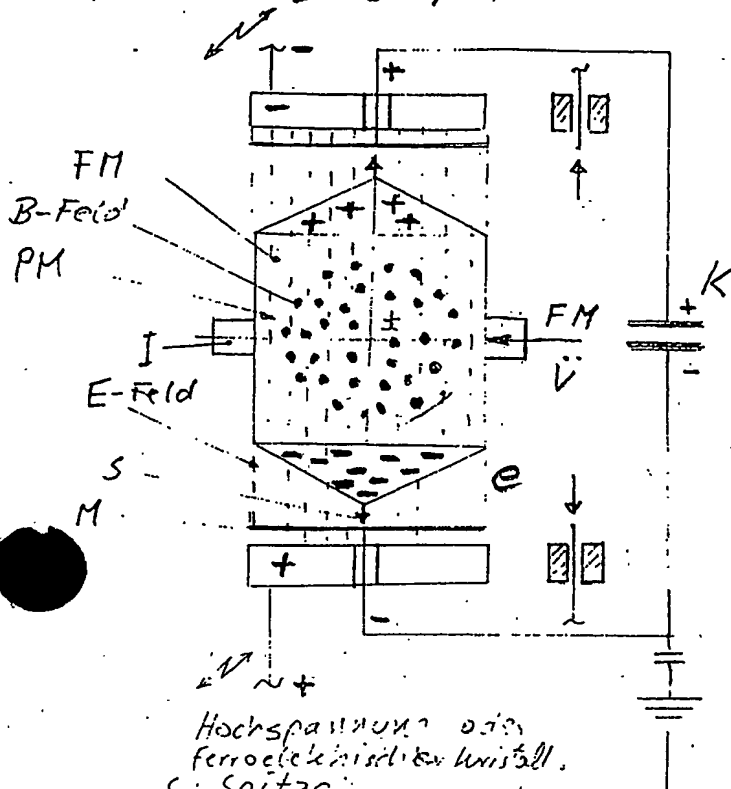
Bild 18: Dynamische Stellung der Lamellierung, passend zu momentan-inhomogener Feldkrümmung



119: Elektrisches Anti-Wirbelstrom-Prinzip

200

Kinematischer FM



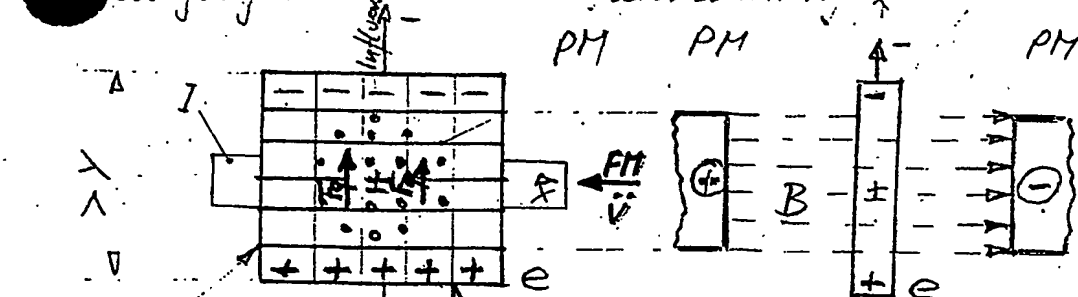
Hochspannung oder
ferroelektrischer Kristall.
S: Spitze
M: Messer
I: Isolator

K: leitender Flasche
oder "Erden"

I Isolator

121: Magnetisches Anti-Wirbelstrom-Prinzip

Kinematischer FM: Influenz durch Induktionsfeldstärke
längs eines bewegten Leiters (FM). Bei FM-Oszillationen
kehrt sich die Influenzierung um, wenn Bewegung umgekehrt, bei Kreis-
bewegung v immer in der gleichen Richtung \times FM



Blech-Lamellenführung
(B-Fluss)
• PM-Isolement
viele bewegte Leiter
mit Kraft F_g auf
die Ladung

hinten sind parallel orientierten
Spinmoment der PM's

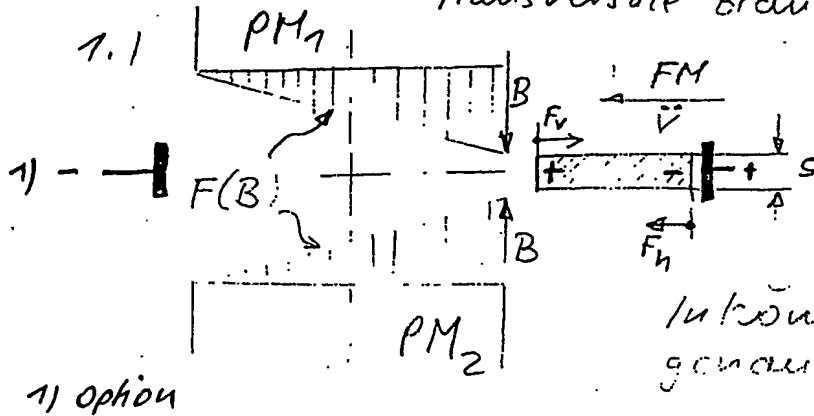
• Bei Rotation orientieren
sich die E-Feldlinien
mit B-Fluss, die Feldlinien
sind in der gleichen Richtung

• Bei antiparallelen Spinmomenten der PM's neutralisiert sich das
B-Feld in den Symmetrieachsen. In den PM senkrechten FM Ebenen

d20: Medu-elekt. Anti-Wirbelstrom-Prinzip

201

Transversale Bruns- = Beschleunigungskraft



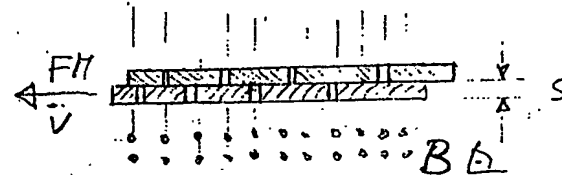
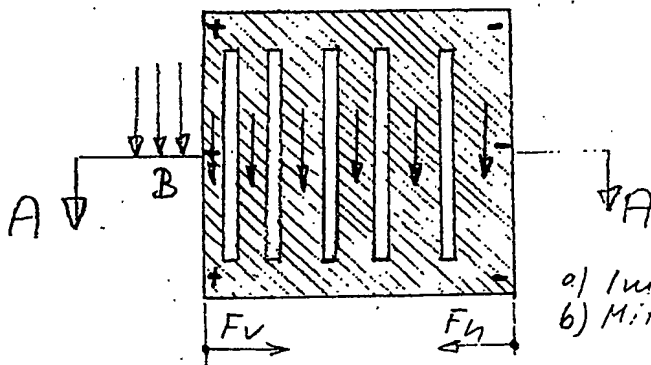
Inhomogenes B-Feld mit
geradem eingeprägtem B-Gradient!

Induktion B vorn kleiner als hinten → Lorentz-Kraft
im Gleichgewicht (Bremsung / Beschleunigung)

a)

F_M
 \vec{v}
 $F_v = F_h$

b) Schmitt



Blech-Versatz ohne Lücken
für B-Feld, hohe Spalte

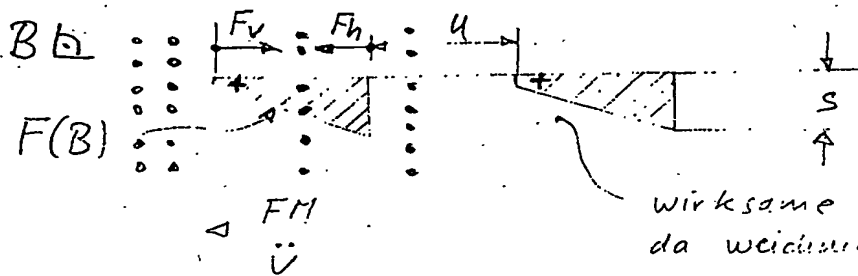
- a) Im Mittelbereich durchdringbar - oder
- b) Mit Oxidschicht-isolierte Bleche

Asymmetrischer Leiter und Unterbrechungen →
vordere Lorentz-Bremskraft klein, hinten groß → $F_v = F_h$

3.) Blech

$F_v = F_h$

U: Spannungsbrechung (Spalt)



F_M auf Kreisbahn

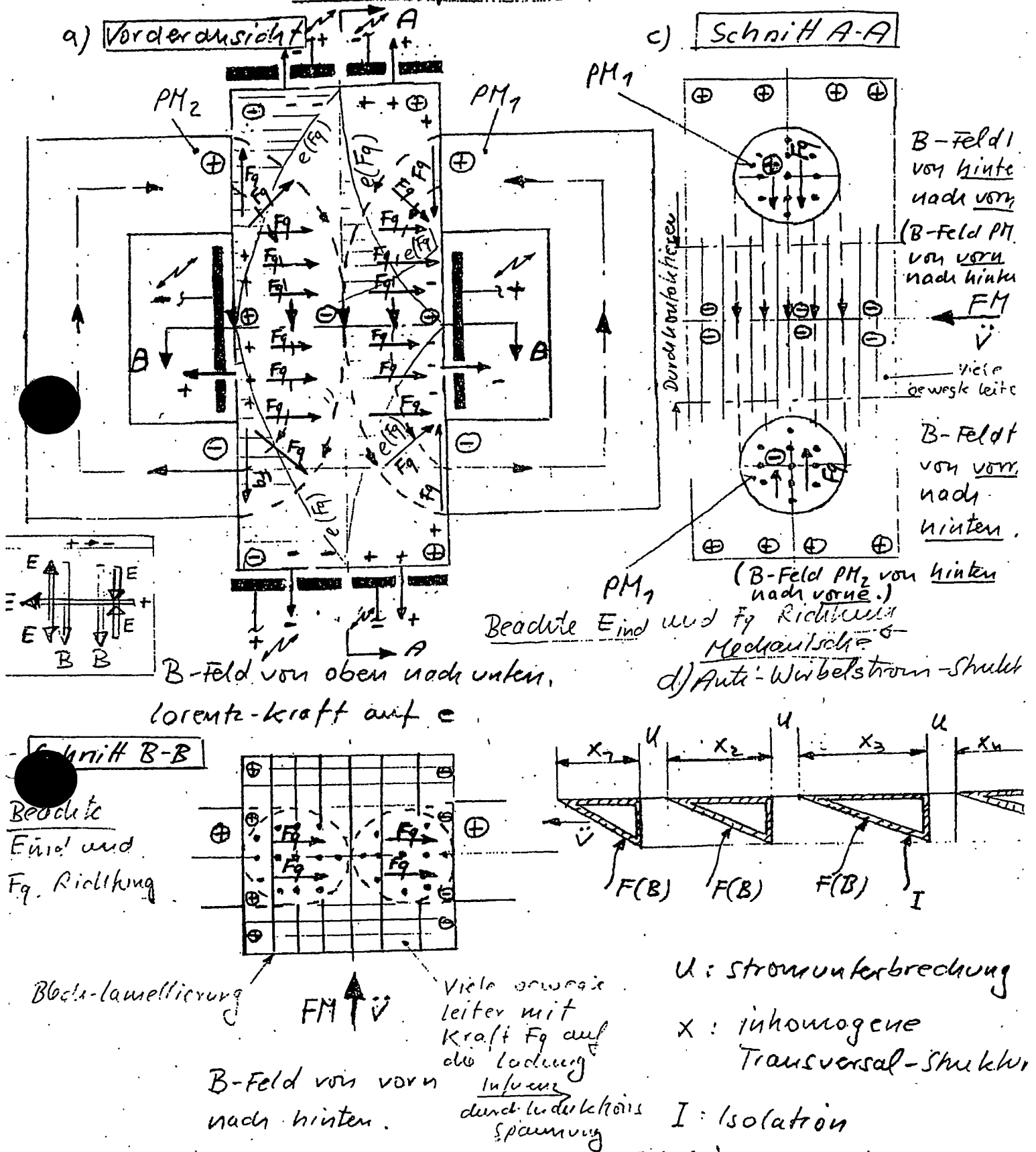
wirksame magn. Ausrichtung reduziert,
da weichenagn. Stoff fehlt.

Asymmetrischer Leiter im B-Feld

→ Volumen- / Dickenänderung → Wirbelstromänderung

→ Kraftänderung → Rotationsmoment

d 22. Influenz B & E-Feld gleichgerichtet orientiert
 $e \oplus \oplus$ magn. Ursache, $e+ -$ elektrische Ursache 202



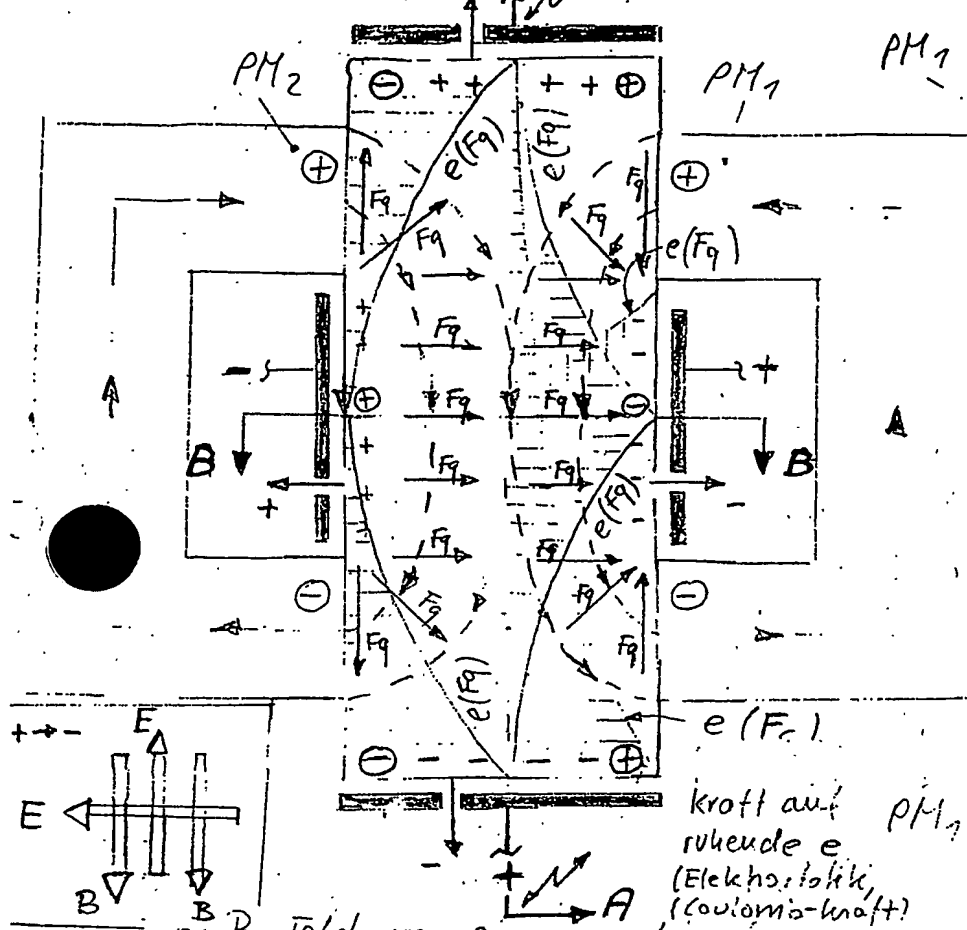
Id 23

Influenz B & E-Feld gekreuzt

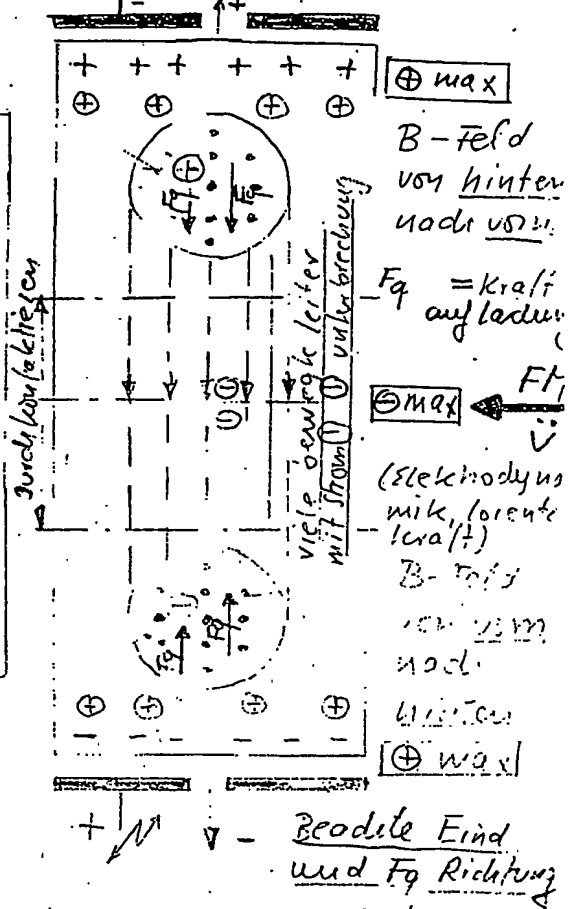
$e \oplus \ominus$ magn. Ursache, $e + -$ elektrische Ursache

203

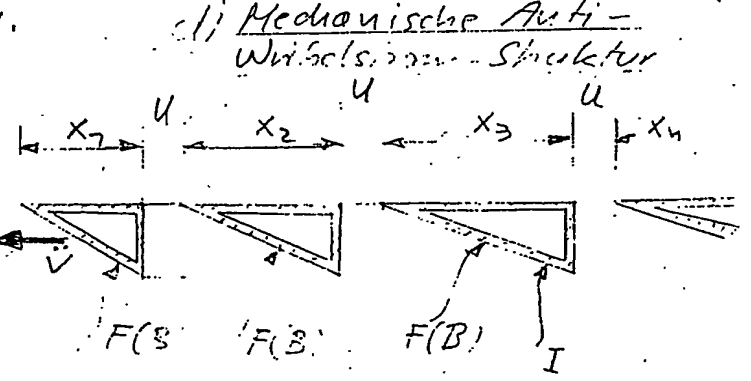
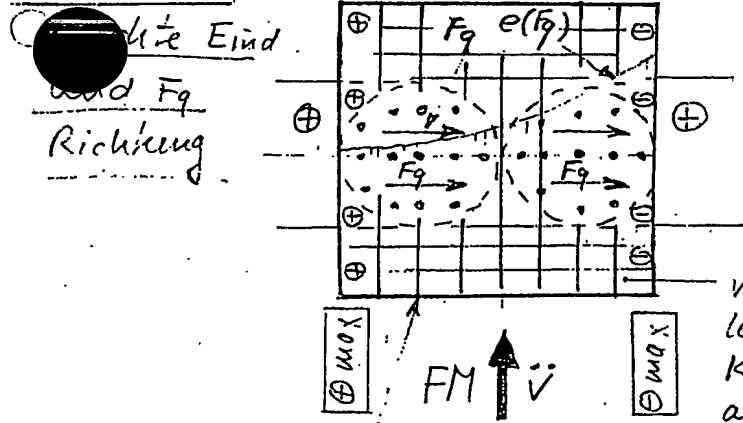
a) Vorderansicht



c) Schnitt A-A



Schnitt BB



U: Spannung
x: inhomogene Transversal-Struktur
I: Isolator

b) Schnitt A-A

Positiv ...
Negativ ...

1024:

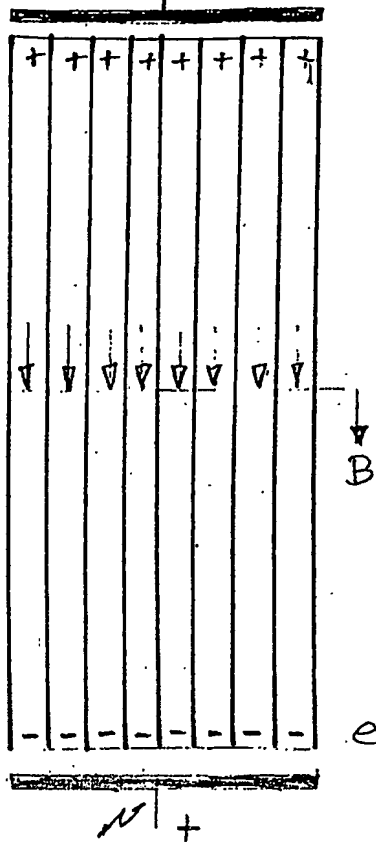
Blech-Lamellierung & e-Fluss im Leiter

Schnitt AA

Beachte E_{ind} und F_q Richtung

longitudinale Richtung

Blech-Lamellierung



B

e

B-Fluss senkrecht in longitudinaler Lamellierung (μ -B-Böden) mit senkrechten (transversalen) Stegen und Spalten (μ)

Schnitt BB

longitudinale Richtung

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕

PM ⊕



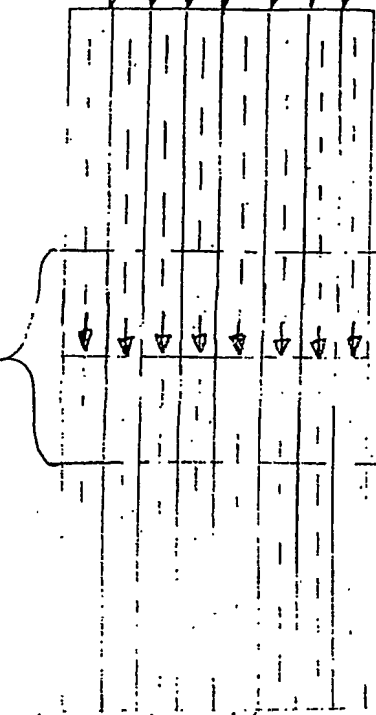
FM

transversale Richtung

bewegter Leiter (L) → induziertes Feld → starke Kraft auf Ladungsträger → F_q → Ladung verschoben → Induktion

Option a)

in Blechlamellen

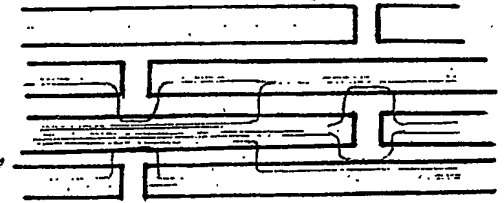


transversale Richtung

FM

V

B-Fluss über Überlappungssteigen F_{ind} (2-89) Richtung FM-Bewegung



F_q Lorentzkraft auf Leitungselektronen bei bewegtem Leiter in B-Feld

a) Elektrische Durchkontaktierung Richtung \Rightarrow "Global-Induktion" \Rightarrow Lorentz-Kraft F_q gegen Leitungselektronen

b) ohne Durchkontaktierung = lokal

Induktion im lamellen-Blech \Rightarrow e mit E-Feld nach unten E-Feld

Option a), b)

1) durch Induktionsspannung E_{ind}

2) durch Induktionsspannung E_{ind}

3) durch Induktionsspannung E_{ind}

4) durch Induktionsspannung E_{ind}

5) durch Induktionsspannung E_{ind}

6) durch Induktionsspannung E_{ind}

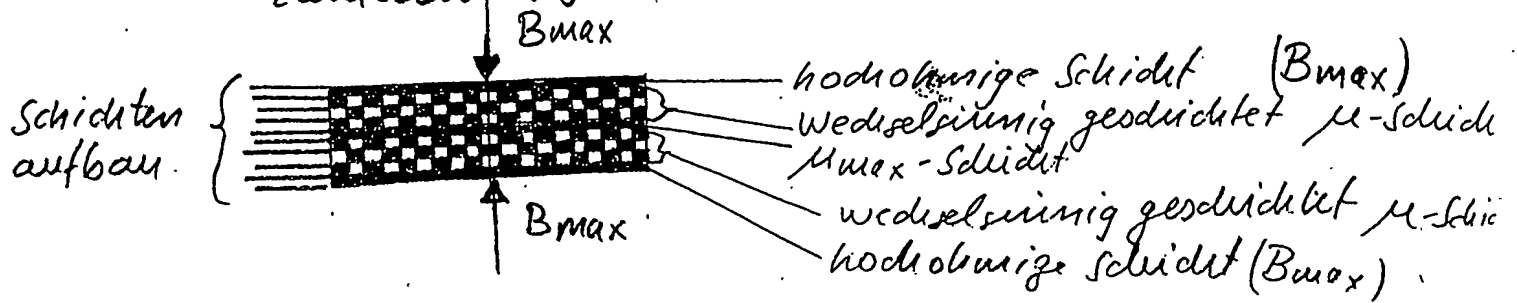
7) durch Induktionsspannung E_{ind}

8) durch Induktionsspannung E_{ind}

Man kann die Leiter & Bewegung & B-Feld \Rightarrow Lorentz-Kraft F_q ausgleichend bewegen

Option a) e-Fluss in Richtung \Rightarrow in Mittelfeld Durchkontaktieren dort, wo die E-Feldlinien sich wegen F_q ableiten

Bild 25: FM wechselsinnig geschichtet mit longitudinalen Lamellen gegen Wirbelströme + Spurrelaxation.



II. Feldkraft-Motor (FKE)

II. Feldkraft-Motor (FKE)

1. Grundsätze der Erfindung:

Feldkraftmotor Erfindung: Kraftentfaltung nicht mit Sinusfunktion (Drehstrom) wie bei klassischem Elektromotor, sondern mit Kraftfeld-Stoßwellen und optimierten Spulen+Kern + gepumpter Magneser / Elektreser, die Feld-Stoßwellen erzeugen.
 Folge: Größere Kraft und höherer Wirkungsgrad sowie höhere Dynamik als bei einem Verbrennungsmotor.
 Der FKE läuft im Kreisprozeß mit p, V-Diagramm.

2. Wirkprinzip Magneser / Elektreser

2.1 Definitionen magnetische Größen einer Spule

1. Magnetischer Fluß Φ

Φ Magnetischer Fluß; je stärker der Strom, um so stärker der magnetische Fluß $[\Phi] = 1Vs = Wb$

I Stromstärke $[I] = A$

N Windungszahl; bei einer Spule vervielfachen die stromdurchflossene Anzahl der Windungen N den magnetischen Fluß Φ

2. Elektrische Durchflutung Θ

Θ Elektrische Durchflutung $\Theta = \text{Stromstärke } I \cdot \text{Windungszahl } N$
 $[\Theta] = A$

3. Magnetische Feldstärke H

H Magnetische Feldstärke; den Quotienten aus Durchflutung Θ und mittlerer Feldlinienlänge l_m nennt man magnetische Feldstärke H
 $H = \Theta / l_m = I \cdot N / l_m$ $[H] = A/m$

l_m mittlere Feldlinienläng (bei Ringspulen Länge der neutralen Faser)
 Die magnetische Wirkung ist um so größer, je größer die Durchflutung Θ und je kleiner die mittlere Spulenlänge ist (mittlere Feldlinienlänge).

Optimierung des Maximums der magnetische Wirkung zwischen Maximierung von $\Theta = I \cdot N$ bei Minimierung von l_m .

Folge: Viele kleine Spulen in einer x-y-Matrix oder Dreiecks-Netz und in z-Kaskade angeordnet ergeben viel mehr magnetische Wirkung als eine große Spule mit großem l_m .

4. Magnetische Flußdichte B (Induktion)

B magnetische Flußdichte $[B] = \Phi / A$ $[B] = Vs/m^2 = Wb/m^2 = T$
 A Fläche

Ein Magnet hat eine um so größere Kraftwirkung, je dichter die magnetischen Feldlinien sind, also je größer der magnetische Fluß und je kleiner die Fläche ist, die von ihm durchsetzt wird.

Optimierung: Maximierung des magnetischen Flußes mit Minimierung der Fläche.

Folge: Viele kleine Spulen in einer x-y-Matrix oder Dreiecks-Netz und in z-Kaskade angeordnet ergeben viel mehr magn. Kraftwirkung als eine große Spule mit großem A.

2.2 Ferro-/ferrimagnetischer Stoff im Magnetfeld einer Spule

Spule ohne Kern:

Bei einer Spule ohne Eisenkern (Luftspule) nimmt die magnetische Flußdichte B (Wirkung) im gleichen Verhältnis wie der Spulenstrom I und damit wie die magnetische Feldstärke H (Ursache) zu.

$$B=f(H) \quad B/H=\text{konstant}=\mu_0$$

μ_0 magnetische Feldkonstante

μ_r Permeabilitätszahl: drückt aus, wie viel mal besser, oder auch schlechter ein Stoff magnetisierbar ist, als Vakuum bzw. Luft.

Die Permeabilitätszahl μ_r von ferro-/ferrimagnetischen Stoffen ist nicht konstant, sondern von der magnetischen Feldstärke abhängig.

μ Permeabilität eines ferro-/ferrimagnetisch weichen Stoffes = $\mu_0 \cdot \mu_r$

$$B=\mu_0 \cdot H = \mu \cdot H$$

2.3 Magnetischer Verstärkungs- / Pumpeffekt

2.3.1 Spule mit Kern als magnetischer Verstärker:

Ein ferro-/ferrimagnetischer Kern in einer Luft-Spule erhöht/verstärkt die magnetische Flussdichte einer stromdurchflossenen Luft-Spule wesentlich.

Ein äußeres Magnetfeld wird also durch einen ferromagnetischen Kern mit hoher Permeabilität wesentlich verstärkt (der Kern ist dann magnetisch gesättigt, ab der Sättigung tritt keine Verstärkung mehr ein, wir nutzen nur diesen Verstärkungsfaktor bis zur Sättigung als Verstärkungseffekt in optimierten Kernen + Spulen; die Optimierungskriterien sind auch Patentanspruch und für den Wirkungsgrad des Feldkraft-Motors ausschlaggebend.

Weitere Optimierungskriterien:

- a) Beim weichmagnetischen Stoff ist der Magnetisierungsfaktor $N=1$ mit $(BH)_{\max}$ zu beachten (Arbeitspunkt des weichmagnetischen Kernels).
Der Kern ist zuerst zu optimieren, dann die Spule.
- b) Ebenso wie beim PM wird bei der Optimierung das Optimum von Haftkraft zu Gewicht des Magneten (hier mit Kern + Spule + Rückschluß, je nach Design) gesucht, d.h. es wird das Verhältnis $V=H/G$ angewendet.
- c) Auch die transversale Kraft-Weg-Kennlinie ist für Transversal-Maschinen maßgebend.
- d) Der Kern ist zu Lamellieren (mit Oxid-Isolationsschichten gegen Wirbelstrom-Verluste), bei Ein-, und Bikristallen sind diese entlang der magn. Vorzugsrichtung zu teilen
- e) Es sind hochpermeable Stoffe zu verwenden
(Verstärkungswirkungsgrad/Eigengewicht) z.B.
- CoFe (17-50% Co, mit höchster Flußdichte, 2,35 T Sättigungspolarisation).

2.3.2 Hochfeldspule mit dotierten Wirtskern als magnetisch induzierte Emissions-Pumpe: Magneser- / Elektreser-Pumpvorgang
Induzierte oder stimulierte magnetisch / elektrische Emission von Flußquanten:
 Beispiel am magnetischen Flußquant (sinngemäß für elektr. Flußquant):
 Ein Flußquant der Energie $E_F = E_2 - E_1$ kann ein Elektron mit seinem Spinnmoment von einem hohen magn. Spinnmoment-Energieniveau E_2 auf ein tieferes magn. Spinnmoment-Energieniveau E_1 stimulieren (Übergangsrate).
 Ein Flußquant der betreffenden magn. Energie kann aber auch absorbiert werden und damit ein Elektron mit seinem Spinnmoment vom tieferen magn. Energiezustand E_1 auf den höheren E_2 heben (Übergangsrate).
 Um eine kräftige stimulierte magn. Emission zu erhalten, muß eine Besetzungsinversion, d.h. $N_2 > N_1$ vorliegen; die Besetzungsinversion wird durch magnetisches Pumpen mit Hilfe einer starken Hochfeldspule erzwungen.

Resonator = magnetischer Interferometer

Resonator = magnetischer Interferometer
Der Magneser bzw. Elektreser kann mit aktivem magnetischen Material, eingesetzt in einen magn. Resonator mit zwei magn. Spiegeln, versehen werden. In diesem Resonator baut sich eine stehende magn. Welle auf Photonen (magn. Flußquanten), die sich in longitudinaler Richtung bewegen, durchqueren immer wieder das magnetisch aktive Material und werden magnetisch verstärkt, während solche, die den Weg schräg zur Längsachse nehmen, sehr schnell das magn. aktive Material verlassen und nicht weiter verstärkt werden.

Der magn. Spiegel S_1 hat eine magn. Reflexion von 100%, während der Auskopplungsspiegel S_2 eine geringe magn. Transmission aufweist. Dadurch wird ständig ein Bruchteil der Photonen ausgekoppelt. Der Magnetser bzw. Elektreser arbeitet im Impulsbetrieb.

Resonatorgüte.

Resonatorgüte:
Während des Pumpvorgangs wird die Resonatorgüte Q künstlich niedrig gehalten, so dass der Magneter nicht anschwingt und eine hohe magn. Besetzungsinversion aufgebaut wird. Erhöht man nun zu einem bestimmten Zeitpunkt die Güte (Güteschalter), so entlädt sich die ganze im magn. Resonator gespeicherte magnetische Energie in einem kurzen, leistungsstarken Magnetpuls.

Folge magnetisch hohe Monochromasie und die damit zusammenhängende räumlich und zeitlich Kohärenz.

Güteschalter: magnetische bzw. elektrische Zellen im Resonator eingebaut.

Magnetisch aktives Material

Magnetisch aktives Material
Z.B. Neodym im Wirtskristall mit Dotierung (Ny wie gefrorenes Gas unabhängiger Atome); Wirtskristall muß hervorragende magn. Qualität besitzen und große Wärmeleitfähigkeit → Abwärme.

Magnetischer Spiegel

Z.B. mit periodischer magnetischer Brechungsindex-Modulation.

2.3.3 Magneserdiode, Elektreserdiode

M- bzw. E-Halbleitersystem: Spaltflächen eines Kristalls formen die Endspiegel des Stehwellenresonators. Die aktive M-pn-Zone + Schichtenfolge sind nur wenige μm dick. Resonatorlänge $L < 1 \text{ mm}$.

Anwendung: Kleinmaschinen etc., Nanostrukturen

2.3.4 Induktion durch Impulsmagnetisierung + Pulskompression

Bei Feldänderung erhält man beim Ein- und Ausschalten (Impulsmagnetisierung + Pulskompression) einer Spule ein sich sehr schnell änderndes Magnetfeld (deshalb werden in einer 2. Spule hohe Spannungen induziert) und damit eine große Änderung des magnetischen Flusses.

3. Wirkprinzip Feldkraft-Motor

3.1 Zwei-Magneser-Prinzip

Es werden nun zwei Magneser bzw. Elektreser in abstoßender Position (antiparallel in Repulsion) longitudinal gegenüber beweglich mit einer Achse montiert. (Bild 1)

Im Gegensatz zur Feldkraftmaschine befindet sich kein Feldmodulator dazwischen - die Magneser berühren sich fast - so wird die extreme abstoßende Impuls-Feldkraft an den Polen direkt nutzbar, ohne daß ein Luftspalt den Fluß mindert.

Nur die Polform kann z.B. konkav oder über den magnetischen Brechungsindex gestaltet werden (homogenisiertes Feld) oder es wird eine Helmholtz-Spulen-Anordnung gewählt, um die abstoßende bzw. bei Umpolung anziehende Feldkraft gleichmäßig auf die Polflächen übertragen zu können (Vermeidung überhöhter mechanischer Spannungsspitzen im Werkstoff).

Man kann je einen Primär-Magneser bei UT mit einem zweiten Magneser kombinieren, um die oszillierende Bewegung jeweils auch mit Abstoßung bei UT und Abstoßung bei OT zu kombinieren, so wird auch der negative Hub -H genutzt. (Bild 2)

Wir benutzen einen stationären Magneser (Stator) und einen beweglichen/oszillierenden Magneser (Läufer) als Kolben (hier sind keine Gleichgewichts-Zustände mit FM zu realisieren), so dass die abstoßenden Kräfte bei OT und die abstoßenden Kräfte bei UT in der Maschine verwendet werden können (Boxer-Motor).

Es sind aber auch zwei gegenläufige bewegliche Magneser wegen des Impulsausgleiches möglich.

Es kann auch eine Tauchspulen-Konstruktion verwendet werden, denn diese hat in bezug auf den Hub eine bessere Kraft-Weg-Kennlinie, die dem Drehwinkel mit Drehmomentverlauf an der Kurbelwelle besser angepaßt werden kann. (Bild 3)

Auch kann das PM-Transversal-Prinzip als Hubkolben-Maschine verwendet werden (Bild 4), da bleibt der Luftspalt konstant.

Bei Elektresern wird statt der Spule ein Plattenpaar zur Erzeugung des elektrischen Feld-Impulses verwendet.

Technische Informationen

Wegen der schnell oszillierenden bewegten Massen kann zur Reduktion der kinetischen Energie die Luft-Spule aus Aluminium statt Kupfer verwendet werden - das Leistungsgewicht des Magnesers ist dann (wegen des Dichte- und spez. elektr. Widerstands-Verhältnis) fast ein Faktor 2 besser.

Ebenso erhöht eine Luft- bzw. Wasserkühlung etc. die Leistung und senkt die Joule'schen Verluste.

3.2 Ein Magneser und ein Induktor Prinzip

Ein Magneser ist mit längerem ferro-ferrimagnetischem Kern stationär (Stator) positioniert und erzeugt in einem auf diesem Kern beweglichen AL-Induktor (AL-Ring oder Sekundärspule als Induktions-Kolben = Läufer) einen starken Wirbelstrom: Die Änderung des Spulenstroms beim Einschalten induziert im AL-Ring einen Strom, dessen Magnetfeld dem Feld der Spule entgegengerichtet ist (Lenzsche Regel). Der Ring wird abgestoßen.

Beim Ausschalten haben beide Felder die gleiche Richtung. Der Ring wird angezogen. Wir benutzen diesen AL-Ring als Kolben, so dass die abstoßende Kraft bei OT und die anziehende Kraft bei UT in der Maschine verwendet werden kann. (Bild 5)

Trotzdem kann die Maschine auch mit einem bei UT positionierten zweiten Magneser verwendet werden (Nutzung von -H), so dass die Abstoßung beim Einschalten des zweiten Magnesers die Anziehung des Primär-Magnesers ergänzt (Addition der Kräfte / Stoßwellen). (Bild 6)

Es sind aber auch zwei gegenläufige bewegliche Läufer (Magneser / Al-Ring) wegen des Impulsausgleiches möglich.

Alternativen:

Wie beim reinen Magneser Betrieb (ohne Induktor) kann ein Tauchspulen-Induktor-Prinzip für eine andere Kraft-Weg-Kennlinie oder ein Transversal-Induktor-Prinzip mit transversaler Hubbewegung verwendet werden.

3.3 Leistungsabtrieb

Der Abtrieb für die Leistung kann wie bei der Feldkraftmaschine erfolgen:

- a) Direkte Erzeugung von Primärenergie über Wanderwellen-Synchron-Generator (Linearmaschine)
- b) über Translation-Rotation-Wandler an:
 - Drehstrom-Synchron-Generator oder
 - das Drehmoment direkt als Maschinenantrieb.

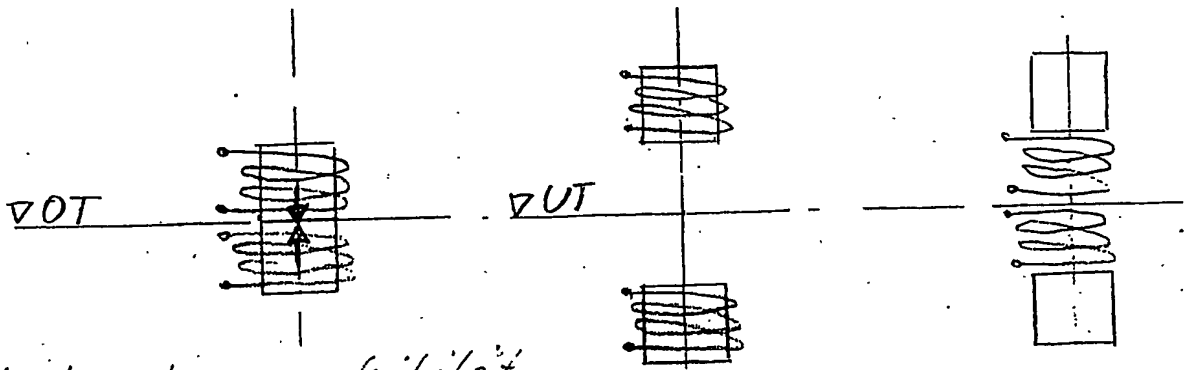
Beachte bei der Kraftentfaltung die Spezial-Kurbelwelle mit Pleuellängen-Variator in dieser Erfindung - sie ermöglicht eine direkte und unmittelbare Umsetzung der abstoßenden Stoßwellen-Feldkraft bei OT (ggf.

II. Feldkraft - Motor

Bild 1:

a) Mitbewegte Spule

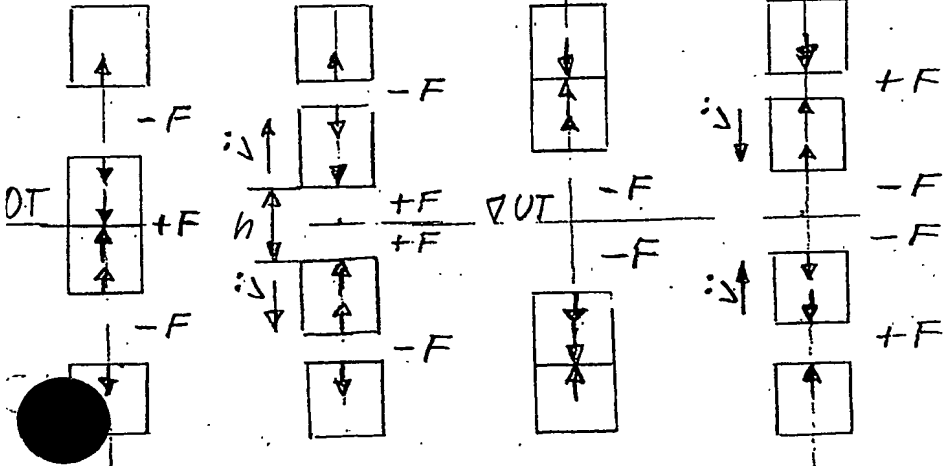
b) Spule stationär, Kern oszilliert



Beachte Impulspermeabilität.

Bild 2: Kopplung von 2. Magneteser bei OT + UT : Oszillation

7stoßung b) Anziehung -F c) Abstoßung (umgepolt) d) Anziehung -F



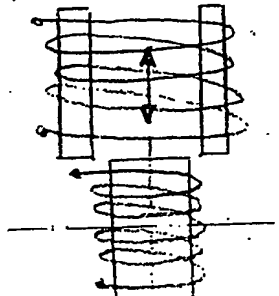
Bem:

- 1) Ohne Impulsantwort ein Magneteser stationär und ein Magneteser oszilliert.
- 2) Mit Impulsantwort zwei Magneteser oszillieren.

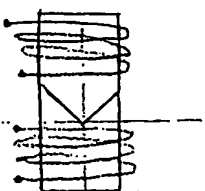
Bild 3: a) Tauchspule oder b) Korus

a)

Spulen stationär



b)



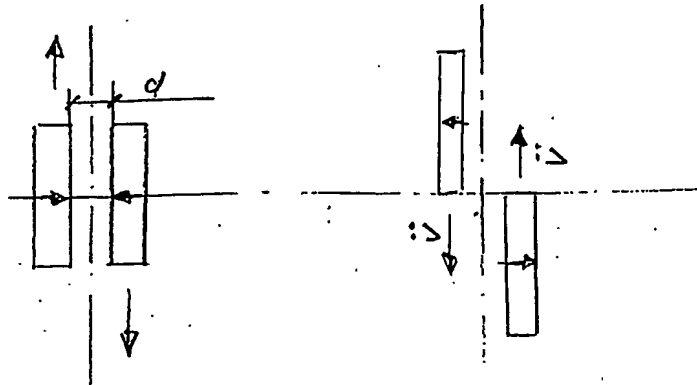
$$F = B^2 \cdot A / 2\mu_0$$

$$A(\psi) > A(0^\circ)$$

Bild 4: Transversal-Prinzip

a) Abstoßung OT

b) Anziehung UT



luftspalt $d = \text{konstant}$

c) Topf-System, rechteckig

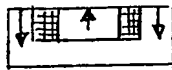
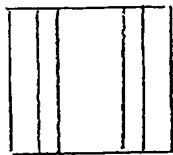
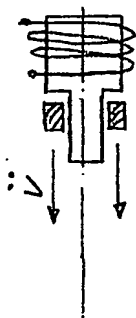


Bild 5: Magneter + Induktor



Magneter stationär

Induktor oszilliert als Kolben

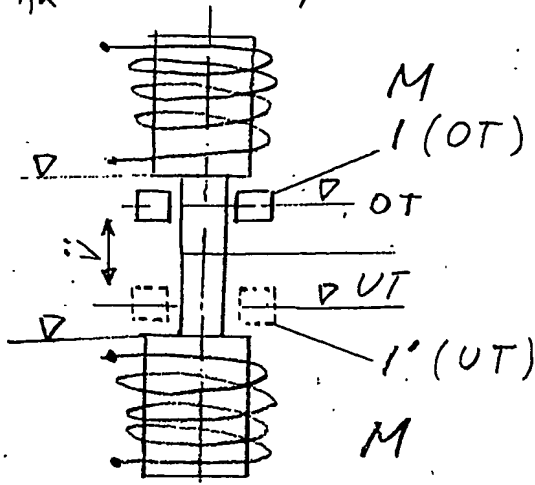
a) Ein = Abstoßung bei OT

b) Aus = Anziehung bei UT

Bild 6;

OT-Magneten - Induktor - UT-Magneten (M-I-M)
215

a) $M_{1,2}$ stationär, I oszillierend



M : Magneten.

I : Induktor

III. FKM- / FKE-Typen

1. Longitudinal-/Transversal-Maschinen

1.1 Longitudinal-Maschinen

Longitudinal-Maschinen sind Hubkolben-Maschinen, da sie ihre Wirkung aus der Erzeugung eines großen Luftspaltes zwischen den PM's beziehen.

Typen (Bild 1):

a) Hubkolben-Feldkraftmaschine

Zwischen Totpunkten ungleichförmige Bewegung, d.h. beschleunigte und verzögerte in Bewegung bzw. schwingende Massen (Oszillationen).

b) Freikolben-Feldkraftmaschine (linear oszillierend, nutzt kinetische Energie für die Gegenfeld-Verdichtung)

c) Orbitalkolben-Feldkraftmaschine

Huboszillation = Drehoszillation, dadurch keine Kurbelschleife → wenig drehende Teile, siehe Erfindung Orbitalkolben-Maschine (Erfinder H. Wenz).

Auch Transversal-Maschinen lassen sich als Hubkolben-Maschinen bauen; hierbei ist die Transversalbewegung die Hubbewegung.

1.2 Transversal-Maschinen

Transversalmaschinen sind nur für eine Verschiebung der PM gegeneinander bei konstantem Luftspalt gedacht - also nicht im Sinne der Erzeugung eines großen longitudinalen Luftspaltes, wie bei Hubkolbenmaschinen.

Typen (Bild 2, Bild 3a, b):

a) Kreiskolben-Feldkraftmaschine

Radialer "Hub", Maschine hat keine "Totpunkte", Bewegungsumformung nicht notwendig, keine freien Massenkräfte (lassen sich alle ausgleichen).

b) Drehfeld-Feldkraftmaschine

Umlauf-Feld, ähnlich Drehstrom-Maschine
- axiale und radiale Scheiben-Bauart

c) Wanderfeld-Feldkraftmaschine

Linear-Maschine, linear oszillierend oder lineare Bewegung mit Wanderfeld

2. Translation-Rotation-Wandler

2.1 Kugelspindel-Wandler

Die Kugelspindel ist einerseits eine einfache Lösung zur Translation-Rotation-Wandlung. Sie hat den großen Nachteil - wegen der Punktlagerung der Kugeln auf der Rollbahn - dass sie für große Kräfte und Impulse, wie sie bei einer Kolbenmaschinen auftreten, keine entsprechende Langzeit-Tragfähigkeit hat, weil die Übertragung der Kraft-Stöße nicht über eine tragende Fläche stattfindet.

2.2 Zahnrad-Wandler

Auch bei der Wandlung über eine Zahnstange mit Zahnrad (unabhängig von der Verzahnungsart) ist ein linienhaftes Tragflächen-Profil - gemäß der Abwälzungsart - vorhanden, was die Übertragung von großen Impulskräften langfristig verhindert (Verschleiß wegen zu hoher Momentan-Flächenpressung).

2.3 Freilaufkupplung-Wandler

Für alle vorgenannten Wandler muß ein Vortrieb (wie ein Kommutator) vorhanden sein, der die End-Drehbewegung nur in eine Richtung vornimmt, auch wenn sich die erste Welle in die Ausgangslage zurückdreht (von UT- in OT-Stellung). Diese Funktion läßt sich mit der Freilaufkupplung erreichen, die mit Klemmkörpern im elastischen Bereich die jeweils gewünschte Drehrichtung klemmt und im Rücklauf freigeschaltet ist.

Folgende Typen können benutzt werden: Freilaufkupplung Typ FS, Rücktrieb im Freilauf.

2.4 Kurbeltrieb-Wandler

2.4.1 Klassischer Kurbeltrieb

Es gibt folgende Triebwerke:

- Schubkurbel-Kreuzkopf
- Schubkurbel-Hebel
- Rhombengetriebe
- Taumelscheibe
- Schiefscheibe
- Rotationskolben
- Kurbelschleife
- Carlquist-Triebwerk
- Ross-Triebwerk
- Parson-Triebwerk

Der klassische Kurbeltrieb/Kurbelschleife hat, abgesehen von der großen Flächentragfähigkeit der Lager bei Impulskräften den großen Nachteil, dass die Maximalkraft bei OT $\varphi = 6^\circ$ KW bis $\varphi = 12^\circ$ KW (bei Verbrennungsmaschinen) entsteht und hierbei nur ein kleiner Hebelarm zur Erzeugung des Drehmomentes zur Verfügung steht. Im Ergebnis bedeutet das, dass ein großer Teil der Kraftentfaltung ungenutzt umgesetzt wird und die Maschine erheblich weniger Drehmoment und Leistung hat, als könnte sie die Impulskraft / den Druck auf den Kolben bei einem Kurbelwellenwinkel von $\varphi = 90^\circ$ KW umsetzen. Würde die Impulskraft bei $\varphi = 90^\circ$ KW eingeleitet, hätte man bis Faktor 4 mehr an Drehmoment incl. der höheren Umsetzung der Leistung.

2.4.2 Kurbeltrieb mit Hebelarm bei $\varphi=90^\circ$ KW: der Pleuellängen-Variator

Bei der Feldkraftmaschine besteht ein grundsätzlicher Bedarf für eine andere Lösung als der klassische Kurbeltrieb, weil die Kraft-Weg-Kennlinie sehr stark abfällt (man erinnere sich an das Coulomb-Potential, das ähnlich aussieht, wie das magnetische Vektorpotential an Polflächen), wenn nicht durch eine geeignete Polflächenform oder Tauchsyste~~m~~ etc. die Kraft-Weg-Kurve flacher gestaltet ist.

Ziel der Erfindung des Pleuellängen-Variators ist die Einleitung der Impulskraft bei $\varphi=90^\circ$ KW und die Einführung einer Ruhephase für den PM-Kolben bei OT $\varphi=0^\circ-90^\circ$ KW, während sich die Kurbelwelle bis $\varphi=90^\circ$ KW weiterdreht. So gewinnen wir Zeit (der/die PM-Kolben bewegt/en sich nicht), um den Feldmodulator kinematisch langsamer aus der Gleichgewichtsposition heraus zu schalten, und um Felddruck aufzubauen (Auf-Position bei OT = Ungleichgewicht der PM's), oder bei der stationären Lösung das entsprechende Feld im FM bei OT zu deaktivieren (+ Abstoßung der PM's).

Gleiches Prinzip gilt für die UT-Position, in der der kinematische FM wieder in die Zu-Position bewegt wird, damit die PM-Kolben bei ihrem Weg in die OT-Position sich nicht abstoßen (Gleichgewichts-Zustand)...

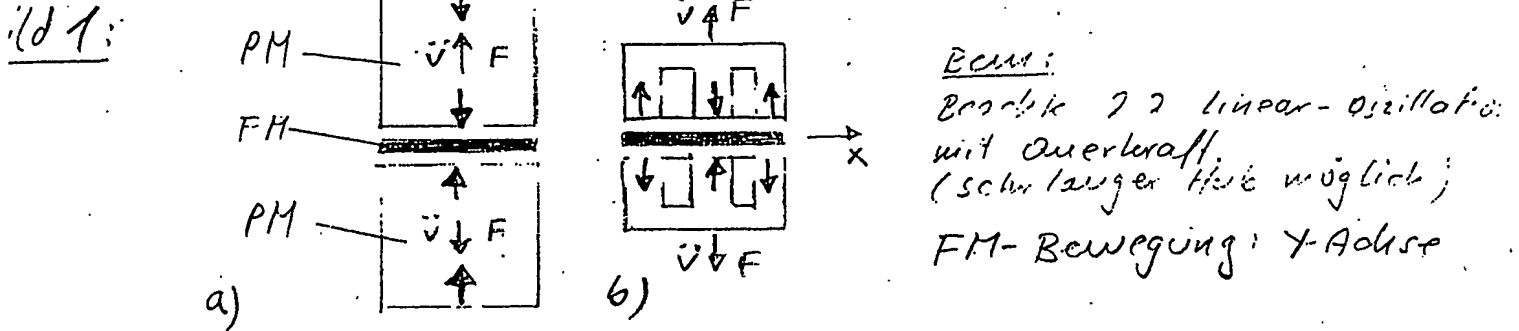
Auch die aktiven FM's haben das zeitverzögernde Problem des Feldkraftaufbaus mit maximalem Druck, so dass die Totzeit der PM's in von $\varphi = 0 - 90^\circ$ KW genutzt werden kann.

2.4.2.1 Lösungsvarianten mit Pleuellängen-Variator:

1. Höhenfunktion MKZ u. ΔVHZ relativ zur KW-Achse mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW
 - a) explizite Lösung
 - b) implizite Lösung
2. Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-HZ-Achse mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW-HZ = implizite Lösung (Variator-System rotiert mit)
3. Ausgleichsgetriebe
2 Variator-Pleuelstangen, je eine für K1 und K2, ca 180° versetzte HZ ($\Delta\varphi$).
4. Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest
1 Variator-Pleuel für K1 und K2 mit separatem Hubteiler mit $1/2$ H K1 und $1/2$ H K2.

1. Longitudinalkraft-Maschinen

1.1 Hubkolben-FKM



Unterarten: - Tauschschleiben / etc.
- Exzenter-Motor

1.2 Freikolben-FKM

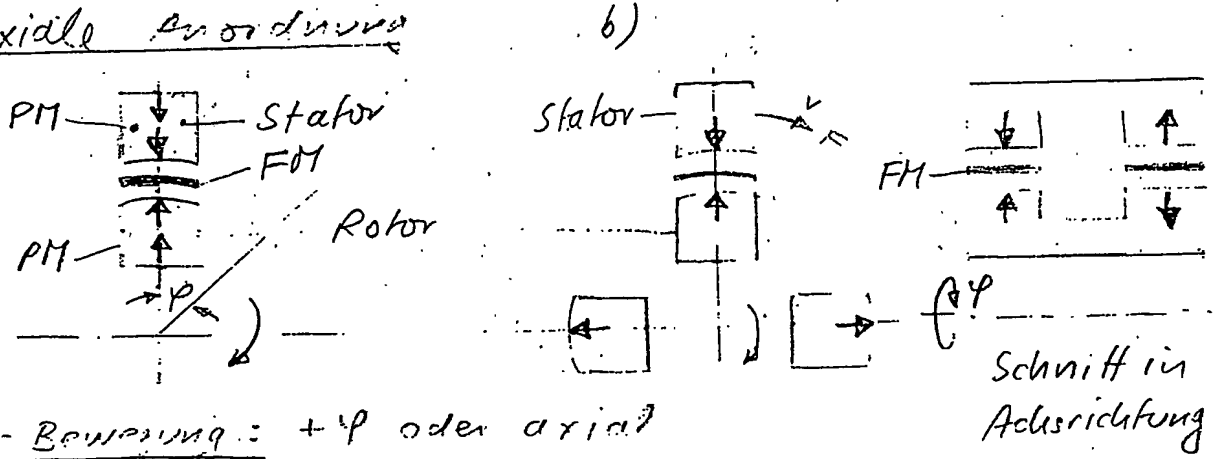
1.3 Orbitalkolben-FKM

2. Transversalkraft-Maschinen

2.1 Erdbild-FKM

a) axiale Anordnung

Bild 2:



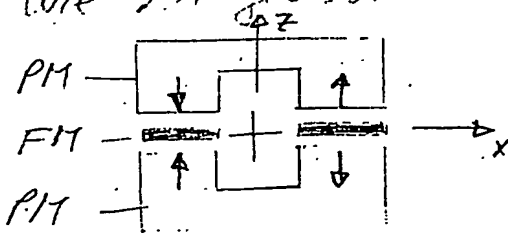
b) radiale Anordnung

(wie bei Scheibenläufer-Motor)

2.2 Wanderfeld-FKM (linear-FKM)

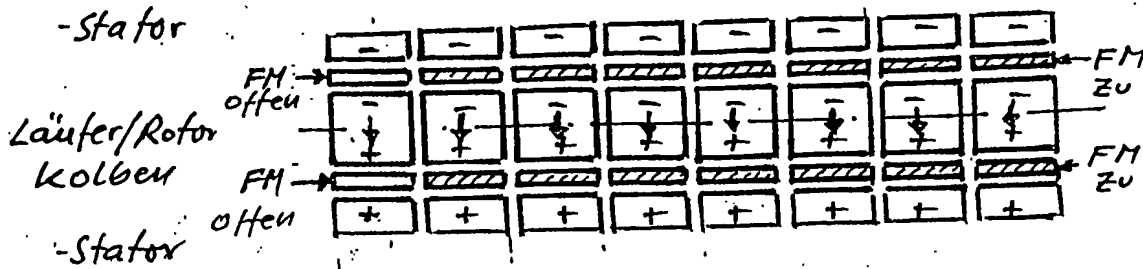
a) Wie 2.1 jedoch lineare Anordnung

Bild 3:



Bewegung/Oszillation in Y-Richtung

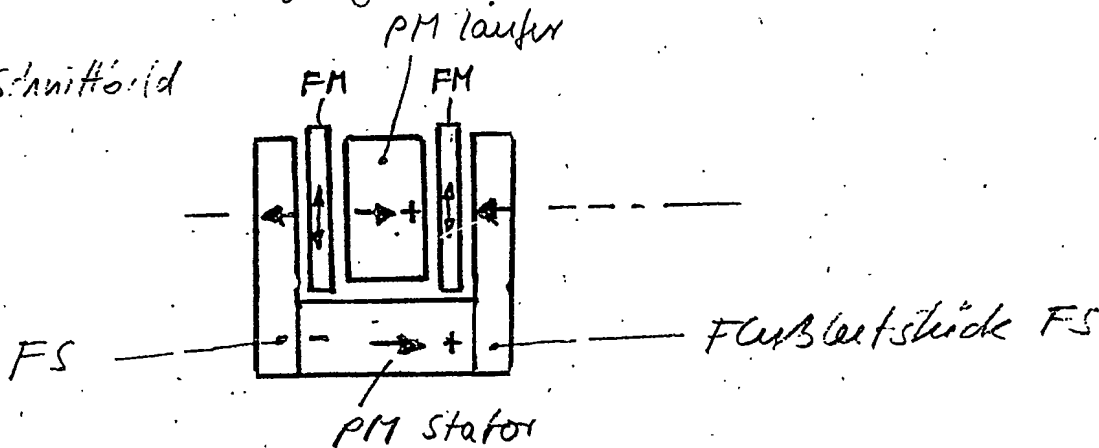
b) Beliebig langer Hub/Linear-/Rotationsbewegung



↑ neutrale Zone

Die FMs werden nicht in der Gesamtheit simultan geöffnet/geschlossen, sondern stufenweise.
 → Bewegung des Läufers/Rotors/Kolbens.

c) Schnittbild



Die Anordnung kann linear, radial, schraubenförmig, axial konstruiert werden.

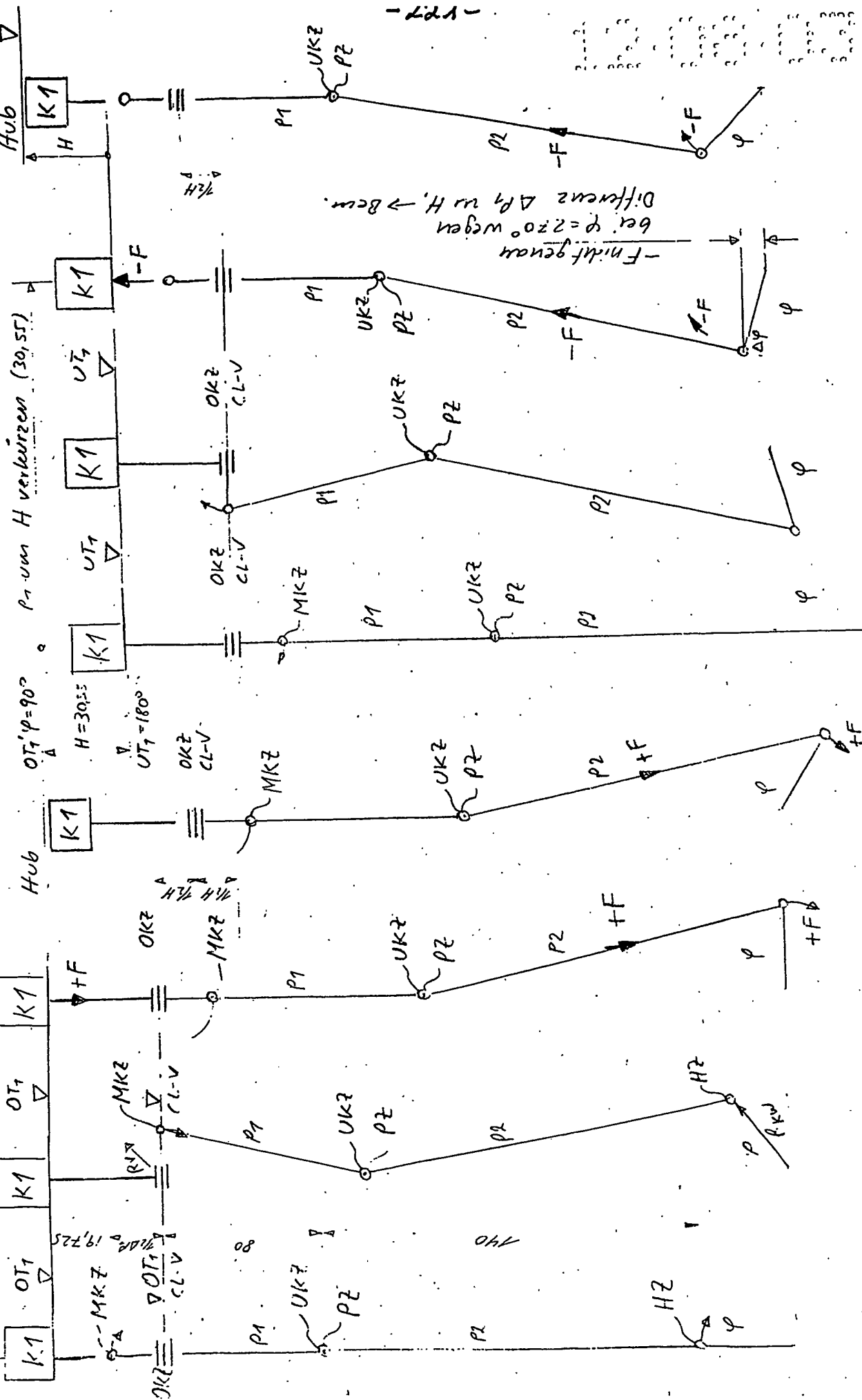
Pleuellängen-Variator

Kurbelwelle mit Hebelarm bei OT'-Position mit $\varphi=90^\circ$ KW
statt ohne Hebelarm bei OT mit $\varphi=0^\circ$ KW

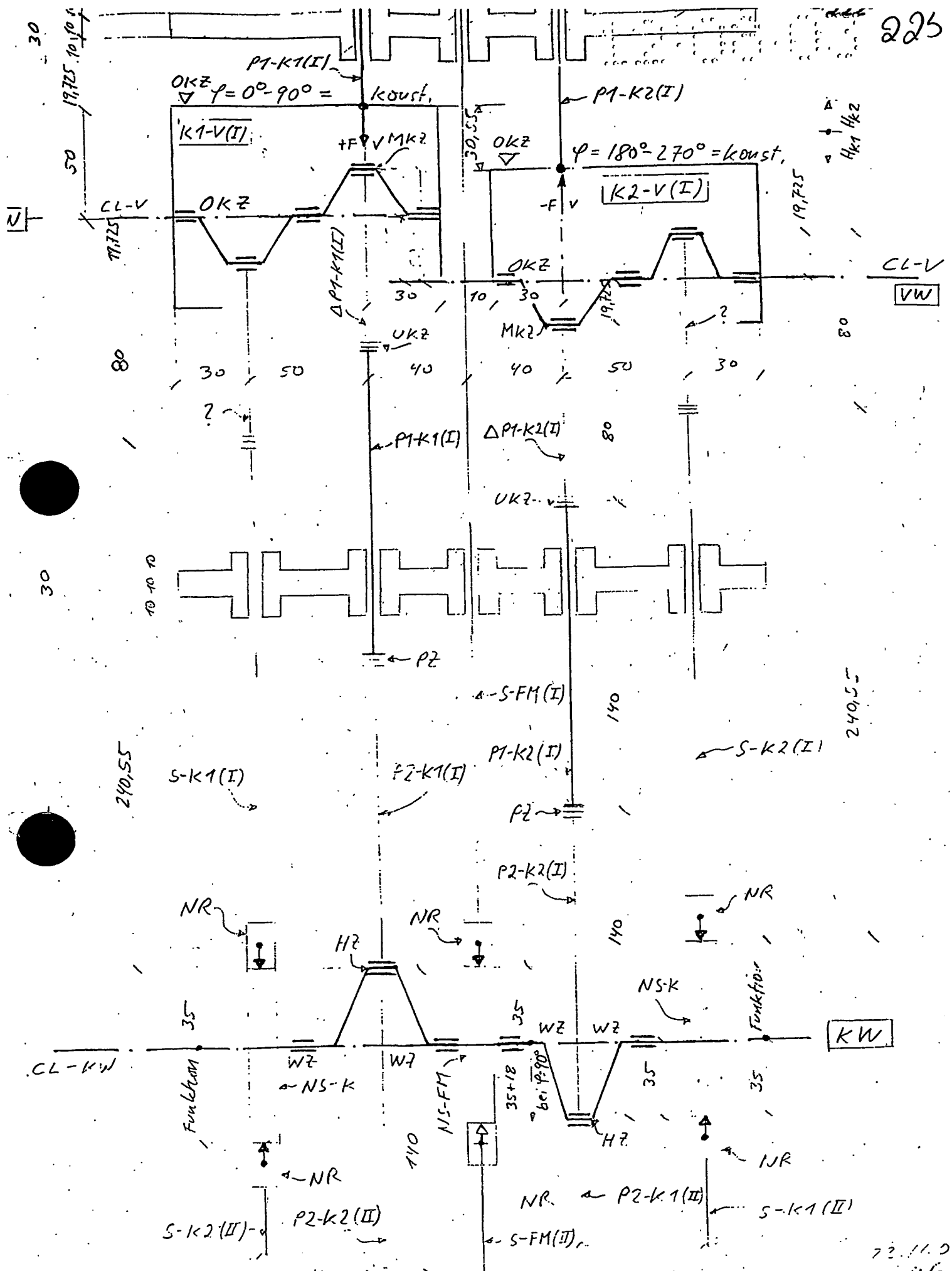
Plattellängen - Variator (einstufige Dichtung)
 symmetrisch bei $\varphi = 270^\circ + \Delta\varphi$, wobei $\Delta\varphi \neq \Delta P_1$

$R_V = \frac{1}{2} \Delta P_1$

P_1 um ΔP_1 verlängern (39,45)



$OT_1 \varphi = 0^\circ$ $\varphi =$ Phase = Verlängerung
 $OT_1' \varphi = 90^\circ$ $\varphi =$ Phase P_1 konstant
 $UT_1 \varphi = 180^\circ$ $\varphi =$ Phase P_1 verkürzen
 $UT_1' \varphi = 270^\circ + \Delta\varphi$ $\varphi =$ Phase P_1 konstant



Legende PL-V

NR Nocken-Rolle
 NS-K Nocken-Schleibe Kolben
 NS-FM Nocken-Schleibe Feldmodulator

$\Delta P1-K1(I)$ Differenz Pleuellänge Kolben 1, Seite I

$\Delta P1-K2(I)$ Differenz Pleuellänge Kolben 2, Seite I

?

?

OKZ Oberer Kolbenzapfen

MKZ mittlerer Kolbenzapfen

UKZ unterer Kolbenzapfen

P Pleuel

P1 Oberes Pleuel

P2 Unteres Pleuel

KW Kurbelwelle

PZ Pleuelzapfen

HZ Hubzapfen

WZ Wellenzapfen

VW Variatorwelle

$K1-V(I)$ Kolben 1, $\Delta P1$ -Längen-Variator, Seite I

$K2-V(I)$ Kolben 2, $\Delta P1$ - " " "

CL-V Centerline Variator

CL-KW Centerline Kurbelwelle

1. Berechnung Pleuellängen-Variation und Hub

Daten: $\phi FB = 32 \text{ mm} \rightarrow \text{Hubeff} \approx 30 \text{ mm}, H/D \approx 1$

$$R_{kw} = 35 \text{ mm}$$

$$P_2 = 4 R_{kw} = 140$$

$$P_1 =$$

Berechnung:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

$$= \sqrt{(4R_{kw})^2 - R_{kw}^2}$$

$$= \sqrt{140^2 - 35^2}$$

$$b = 135,554 \rightarrow \underline{\underline{135,55}}$$

Verlängerung / Verkürzung P_1 um ΔP_1 :

$$\Delta R_{kw} = 140 - 135,55 = \underline{\underline{4,45}}$$

$$\rightarrow \Delta P_1 = R_{kw} + \Delta R_{kw}$$

$$= 35 + 4,45$$

$$\Delta P_1 = \underline{\underline{39,45}}$$

Hub H :

$$H = R_{kw} - \Delta R_{kw}$$

$$= 35 - 4,45$$

$$H = 30,55 \text{ mm} \cong 87,28\% \text{ von } 35 \text{ mm}$$

$$H_k = 1/2 H = 15,275 \text{ je Kolben/FB von Mitte FM}$$

$$\underline{\text{Hub/Bohrung}} = \text{Hub}/\phi FB$$

$$H/D = 30,55/32 = 0,95 \cong \text{kurzkurber}$$

Grenzgeschwindigkeit 16 m/s

$$0,0355 \text{ m} \cdot \text{Frequenz} = 450 \text{ Hz} \rightarrow 15,75 \text{ m/s} \rightarrow 27.000 \text{ 1/m}$$

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2. Pleuellängen - Variator $\Delta P_1 = H = 35 \text{ mm}$ für K1

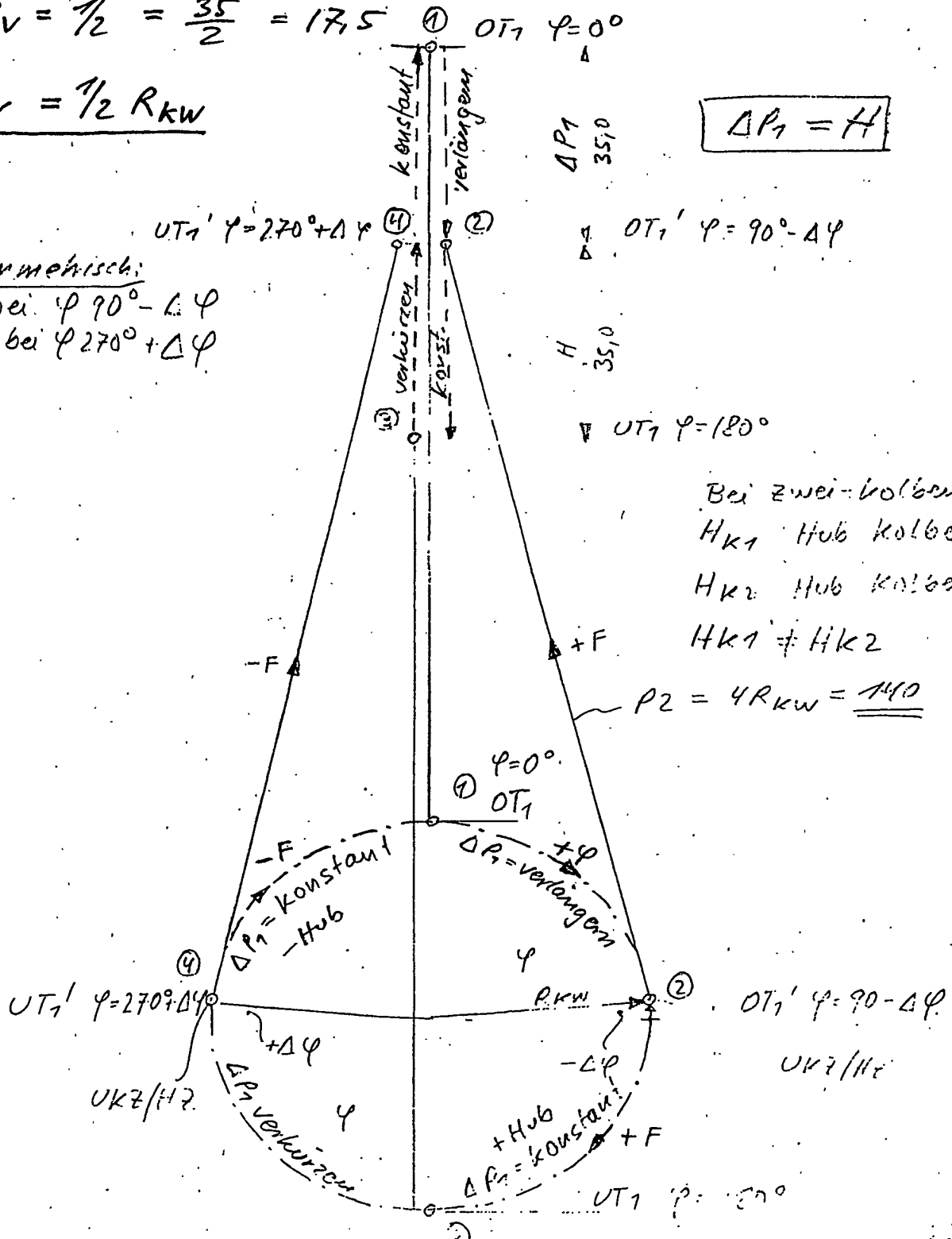
$\rightarrow H/D = 35/32 = 1,09 \sim 1,1$ langhuber

Folge: symmetrische Konstruktion bei $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$ zur krafteinleitung (keine kraft-Oszillationen auf die kw etc.)

$$R_v = \frac{1}{2} = \frac{35}{2} = 17,5$$

$$R_v = \frac{1}{2} R_{kw}$$

Symmetrisch:
F bei $\varphi 90^\circ - \Delta\varphi$
und bei $\varphi 270^\circ + \Delta\varphi$



to $\varphi \sim 90^\circ$; $\varphi \sim 270^\circ$

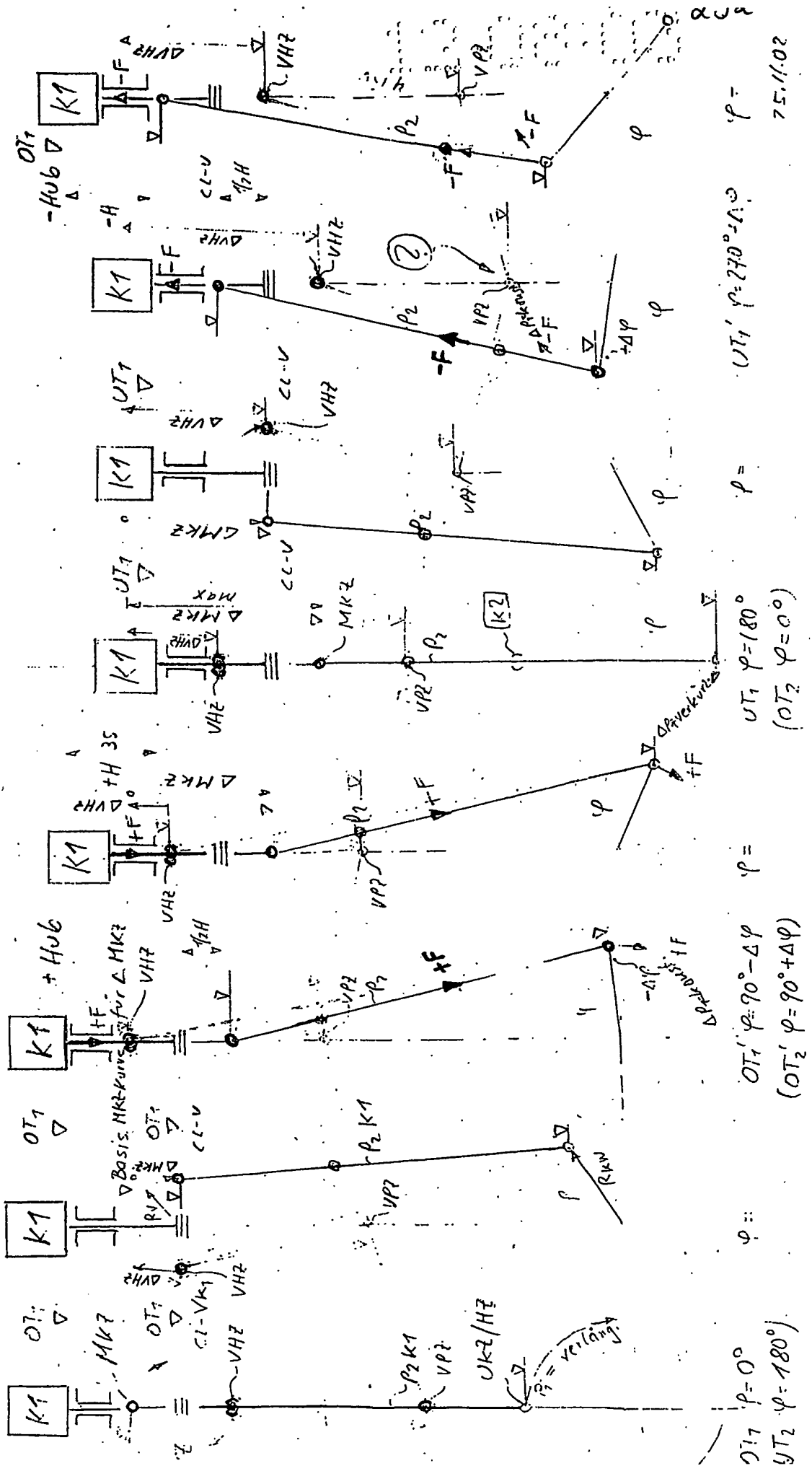
$$R_v = \frac{1}{2} R_{kw} = \frac{1}{2} H = \frac{1}{2} \Delta p_1$$

P_7 um ΔP_7 verändert:

Phase P_1 =leist. =Hub

p_1 um $\Delta p_1 = H$ verkleinern

phos. $P_1 = \text{const.} = H_0$



1. Höhenfunktion MKZ u. Δ VHZ relativ zur KW-Achse

mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW

- a) explizite Lösung
- b) implizite Lösung

Lösung A: Höhenfunktion MKZ u. VHZ relativ zur RW-Nähe

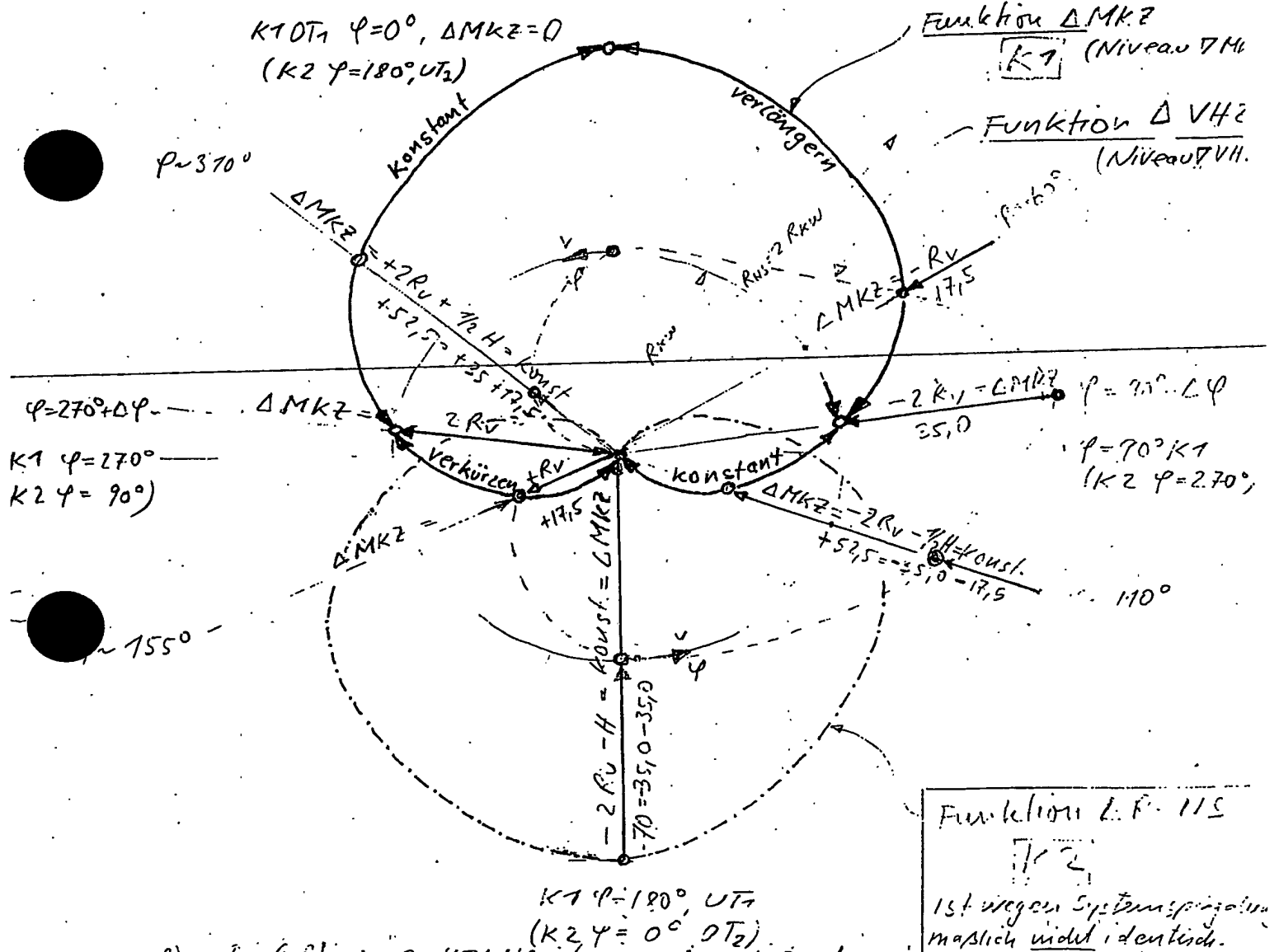
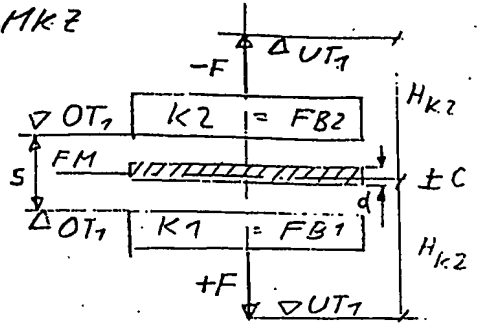
(asymmetrische Herzkurve)

siehe Höhen (Distanz-) Werte ΔMKZ
von Basis MKZ Linie OT_1
bzw. ΔVHZ - Niveau

Gesamt-Höhendifferenz $c_L(I)$
 $\Delta P_1 + H = 70 \text{ mm}$

MKZ: Mittlere Kolbenzapfen

VHZ: Variable Pleuellager



- Die Funktion von ΔMKZ ist eine Funktion von φ .
- Die Funktion von ΔVHZ ist eine Funktion von φ .
- Wegen der Pleuellager-Pleuellager-Pleuellager ist R_{P1} zu vergrößern, da bei $\varphi = 180^\circ$ konstante Punkte.
- Die Kurve ist zu spärlich und die Distanz zu groß.

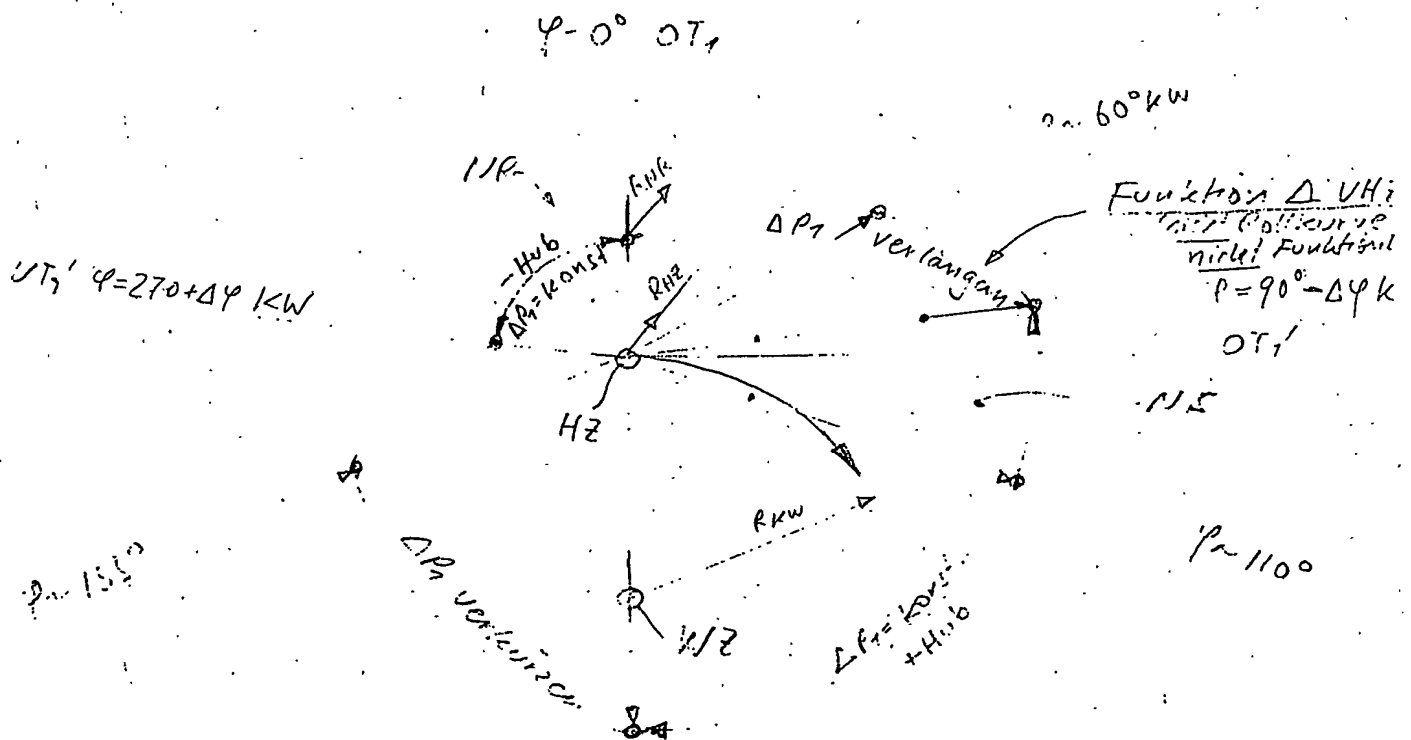
2. Höhenfunktion ΔV_{HZ} relativ zur KW-HZ-Achse

Mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW-HZ = implizite Lösung
(Variator-System rotiert mit)

Lösung B: Höhenfunktion VH2 relativ zu HZ-Achse

Gesamt Höhendifferenz $\Delta P_1 = 35 \text{ mm}$

\Rightarrow Differenz zur Höhenfunktion von VPZ = Steuerfunktion



2. NS - Rollkurve = Äquidistante mit P_{NR} zu Steuerfunktion $\Delta V P Z$; Berührungsradius $P_{NR} > R_{HZ}$
 1. Funktion $\Delta V H_2 \neq$ Funktion $\Delta V P Z \rightarrow$ Steuerfunktion
 3. Brachte Spiegelung der Kurve wegen
- Reduktion der HZ / KW
- Noduspunkte NS sind nicht NS sind

Lösung B:
2VPZ relativ zu
KW-HZ

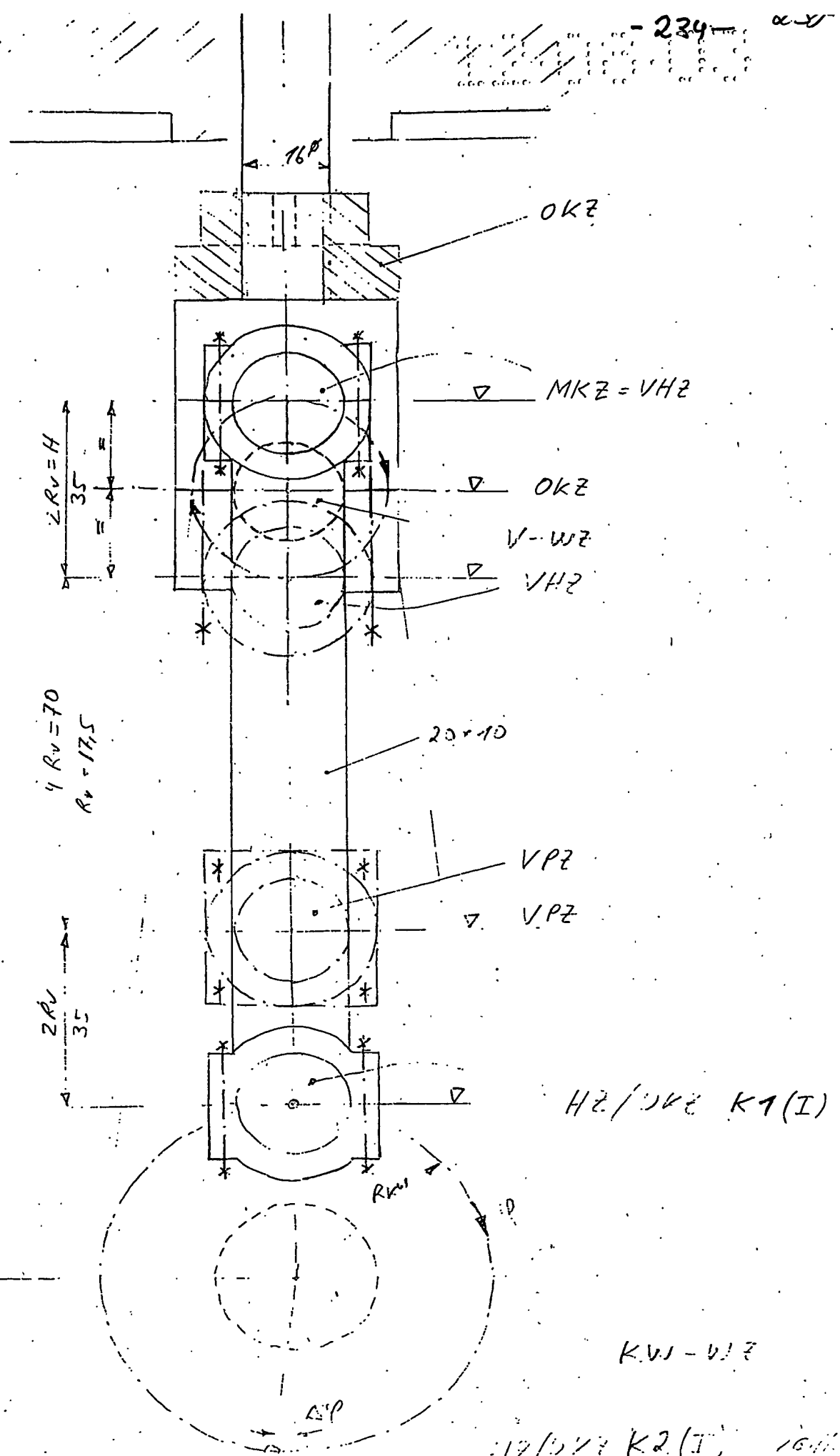
- 234 -

$110 = 4 R_{KW}$

$4 R_V = 70$
 $R_V = 17,5$

$R_{KW} = 35$

Kurbelverhältnis:
 $\lambda = \frac{l}{r} = \frac{37}{7} \text{ bzw. } \frac{4,5}{7}$
 r Kurbelradstr.
 l Pleuellstange



3. Ausgleichsgetriebe

2 Variator-Pleuelstangen, je eine für K1 und K2, ca 180° versetzte HZ ($\Delta\varphi$).

Lösung C: Ausgleichsgetriebe

-237-

1) Planetengetriebe
P: Planet, H: Hub, Z: Zahnrad, E: Kurbelwellenrad.
Planetenrad Zp

Oszillation ΔP : $0 \rightarrow \Delta P_{max}$

1. Bewegung HZ₂ auf Soll-Bogen

2. Eliminierung von ΔP :

a) Kurbeltrieb mit Zahnrad $i = 4:1$

b) Exzenter mit Zahnrad $i = 4:1$

i: HZ bewegt sich um $\varphi = 45^\circ$
→ VP dreht sich um $\alpha = 180^\circ$
→ $i = 4:1$
→ VP gleicht 1st HZ, nach Soll
Exzenter mit HZ₃

3. Zahnrad-Koppelung

a) Außenrad Za 360°
→ 0° UT → UT' klemmt
mit HZ₃

c) Außenrad Zi um 180° und gefittet
→ Ausgleich bei UT
UT → Drehrichtung umkehr

$\Delta OT \varphi = 0^\circ$

OT
↑
UT'

A: Auslagerstirn
P: Planet
VP: Variable
H7: Hub

$\varphi = 45^\circ$

ΔP_{max}
P7 OT → OT'

4. Magnetische Klemmung
zu H-Exzenter in
P7 planetarischer
01 → 01' ohne Höhenbewegung
oder Zickbewegung
P um β
01' → 01' → Damm Freigabe der

Klemmung S (Stop),
Hub H ausführen bei
UT.

4.3 UT → UT' → Klemmung "Ein", P
schiebt um β zurück
und HZ₃ soll sich
frei ein, weil Länge von
H ist.

4.4 UT' → OT
→ H-Exzenter wie bei 4.2

ΔHZ_3 15° ohne Gegenbewegung
UT → UT' HZ₃ - Soll

3b) Gleitpaar der Unter-
Oszillation der Hub
zwischen UT → UT'
→ Hubkraft F
von Hubkraft, dann
o.k. → Nach Za.

H7-ist-Bogen
HZ₃-Soll-Bogen
 $\varphi 0^\circ \rightarrow 90^\circ$

$\Delta OT' \varphi = 90^\circ$

$\Delta P = 0$
 $\varphi_{H7} = 0^\circ$

VP $\alpha = 0^\circ$
Zp
Za

$\Delta P = max$
 $\varphi_{H7} = 45^\circ$

$\Delta P = 0$
 $\varphi_{H7} = 90^\circ$

HZ₁/HZ₃
VP $\alpha = 0^\circ$

OT'
↓
UT

1:1

30.11.22

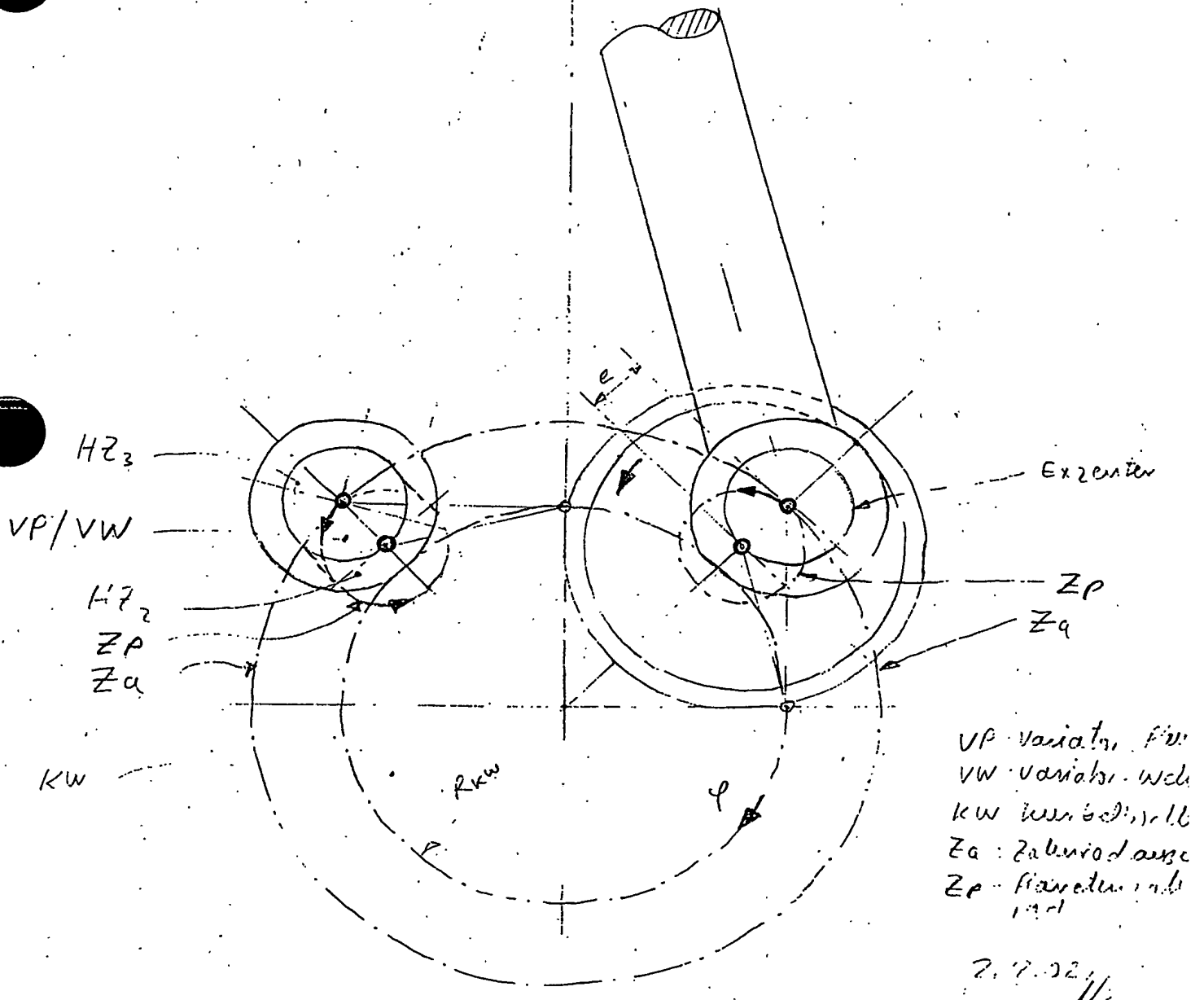
11.

Lösung C1:

Variator-Kurbeltrieb

Lösung C2:

Variator-Exzentertrieb



4. Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest

1 Variator-Pleuel für K1 und K2 mit seperatem Hubteiler mit 1/2 H K1
und 1/2 H K2.

Lösung D: Ausglichs-kurvenschritte ortszeit

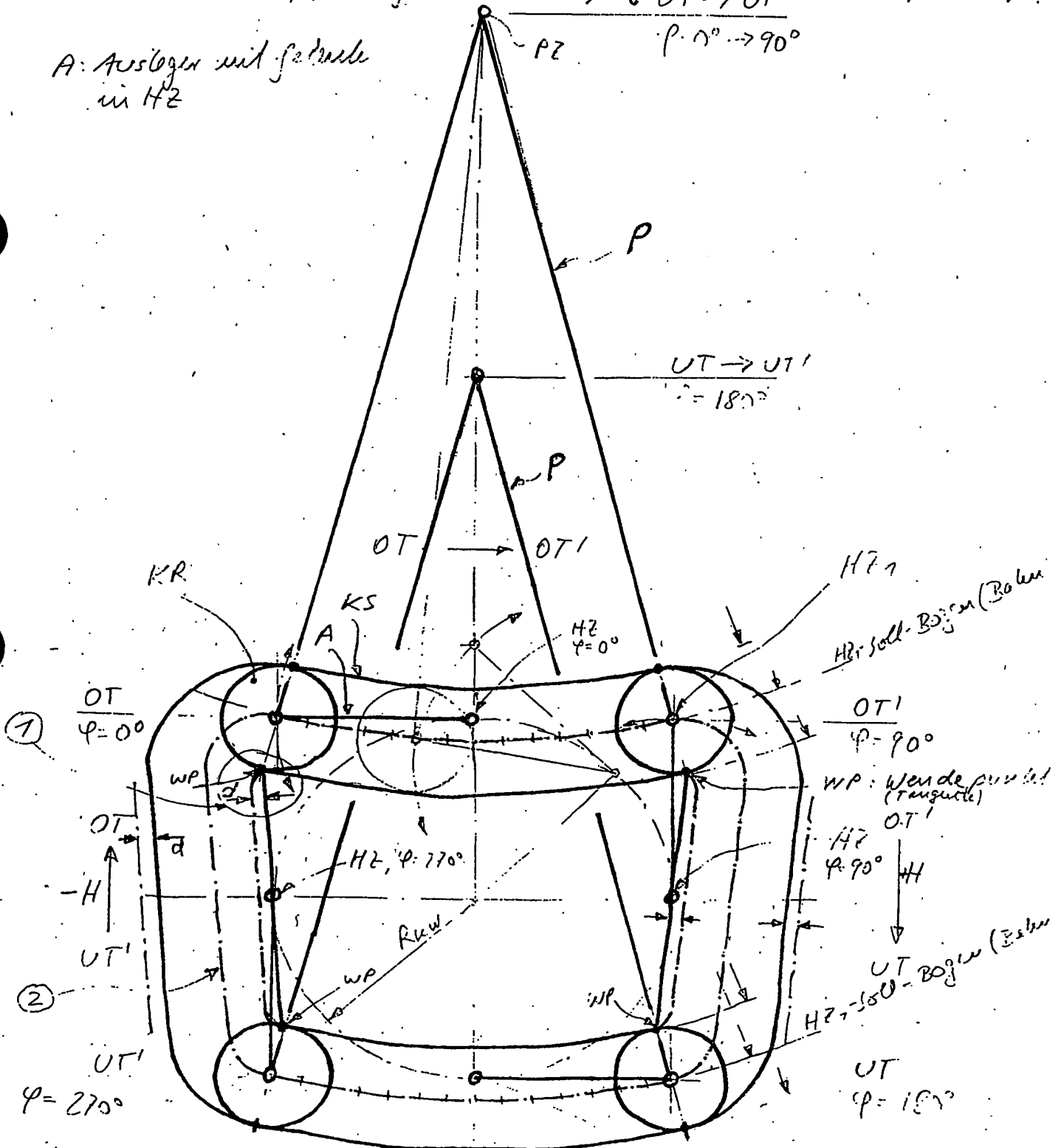
KS: ortszeit kurvenschritte

KR: kurvenrolle

① Bem. Aus praktischen Gründen des Verschiebens am Wendepunkt WP kann dort ein Radius mit der Dicke d angegeben werden. Dies verändert geringfügig die Hub-Funktion von HZ .

② Bem. Die $+H$ und $-H$ - Bahnen können als gerade oder kurve gestaltet sein
→ Änderung der Beschleunigung von PZ in den Hubpunkten in.

A: Auslösen und festschließen in HZ



**Erweiterte Erfindungs-Anwendung des
Pleuellängen-Variators auf
Hubkolben-Verbrennungs-Maschinen**

Leistungserhöhung / Verbrauchsreduktion Faktor 4-8

2.2.4 Weitere Effekte

Die neuartige Motor-Konstruktion erlaubt auch

- a) mehr Leistung auf kleinerem Raum mit vollständigem Massenausgleich (Schwungsarm). Zuzüglich wirkt auch
- b) beim Leerhub ein Arbeitstakt und c) die zulässige Höchstdrehzahl ist größer (wegen anderer Frühzündungs-Regelung). Auch ist d) die Füllung höher, wenn ein Lader mit dem 8-Takt-Prinzip verwendet wird.

3. Ergebnis:

Sowohl die ökonomischen wie auch die ökologischen Auswirkungen sind für den Verbraucher beträchtlich - Leistungserhöhung oder Verbrauchsreduktion um den Faktor 4-8 gegenüber heutigen Motoren. Dies ist volkswirtschaftlich wie auch beim Treibhauseffekt (CO₂-Ausstoß) von zusätzlicher Bedeutung. Dieses neue Pleuellängen-Variator-Prinzip läßt sich für Motoren, Kompressoren und Pumpen anwenden. Fazit: Ein Quantensprung bei den Hubkolben-Arbeitsmaschinen im Sinne der Wirtschaftlichkeit und sauberen Umwelt.

IV. Magneto-elektrische Maschine

Inhaltsverzeichnis

- 1. Wirkprinzip
 - 1.1 Feldkraft-Generator
 - 1.2 Feldkraft-Motor
- 2. Feldkraftmaschinen-System

- 1. Wirkprinzip
 - 1.1 Feldkraft-Generator

Wie in den vorangegangenen Beschreibungen dargelegt, erzeugt die Feldkraftmaschine als Feldkraft-Generator FKG über magnetische (Magnet) oder elektrische (Elektret) Gleichgewichts-Ungleichgewichts-Gleichgewichts-Zustände mit einem Feldmodulator zuerst mechanische Energie (Kraft bzw. Drehmoment), welche dann zur Erzeugung von Primärstrom genutzt werden kann (oszillierende Wanderwellen-Linearmaschine, Drehstrom-Maschine etc.).

Die Solid-state-Lösung benötigt keine beweglichen Teile und kann direkt auf induktivem Weg Primärstrom erzeugen, wenn der FM "AUF" und "ZU" geschaltet wird → Erzeugung des Stroms durch Induktion aus sich zeitlich schnell - durch den FM-Schaltvorgang - veränderndem Magnetfeld. (Bild 1)

- 1.2 Feldkraft-Motor

Der Feldkraft-Motor hingegen benötigt elektrische Primärenergie, die mit
a) Impulsmagnetisierung durch Pulskompression (einfache Verstärkung) oder
b) durch magnetisches Pumpen im magn. Resonator mit Verstärkung, die Pumpenergie im Magneser / Elektrese erzeugt.

Dieser Verstärkungseffekt durch die Permeabilität des Kerns, z.B. Einkristall, oder durch induzierte magnetische Emission, ist enorm, so dass sich eine neue hochdynamisch elektrische Maschine, die eine große Kraft oder ein großes Drehmoment abgibt, ergibt.

- 2. Feldkraftmaschinen-System

Durch geeignete Kopplung von Feldkraft-Generator mit Feldkraft-Motor entsteht ein neues autonomes Antriebssystem - siehe Bild 2 - die Feldkraftmaschine als neue Energiequelle bzw. Antriebssystem ohne nachzufüllende / nachzuladende Energie von aussen. (Bild 2)

Hierarchie der Grundzustände des FKG

Es bestehen folgende hierarchische Grundzustände ($E=0$), die durch eine Energielücke vom normalen ersten angeregten Zustand getrennt sind:

1. Spinmoment des Elektrons (andere magn. Momente vernachlässigbar)
2. Spontane Magnetisierung der Domänen aufgrund der Austauschwechselwirkung der unkompensierten inneren Elektronenschalen
3. Permanentmagnet als Ganzes = Makro-Elektronen-Spinmoment
4. FKG-Supra-Maschine mit PM-FM-PM Makro-Elektronen-Spinmomenten und anziehend vermittelnde magnetische Kräfte des FM

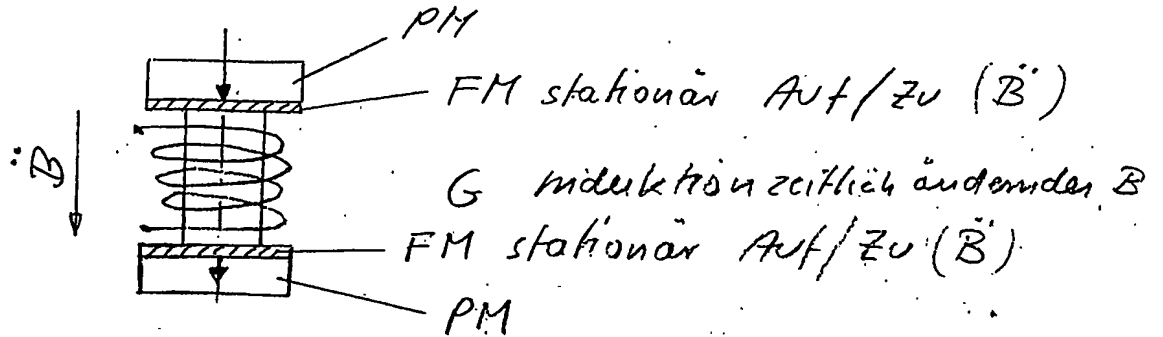
Die Wirkungszusammenhänge einer "Supertransistor-Maschine" bzw. die makroskopische Analogie zum Supraleiter mit Energielücke, werden im Experimentum Crucis (Beweis-Feldkraftmaschine) zeigen, dass die Feldkraftmaschine eine nach o.g. Energiekriterien real funktionierende und damit physikalisch, technisch, ökologisch und ökonomisch bewiesene fundamental neue Maschine ist - gemäß Erfindungsanspruch.

IV. Magneto-elektrische Maschine

Bild 1: Solid-State-System (FKG)

Homogener Feldfluß $[+PM \rightarrow -PM]$ parallele Spins mit \vec{B}

a)



Aktive Sperrschicht z.B. Thermo-FM oder ParaFerro-FM, etc.

antiparallele Spins mit \vec{B}

b)

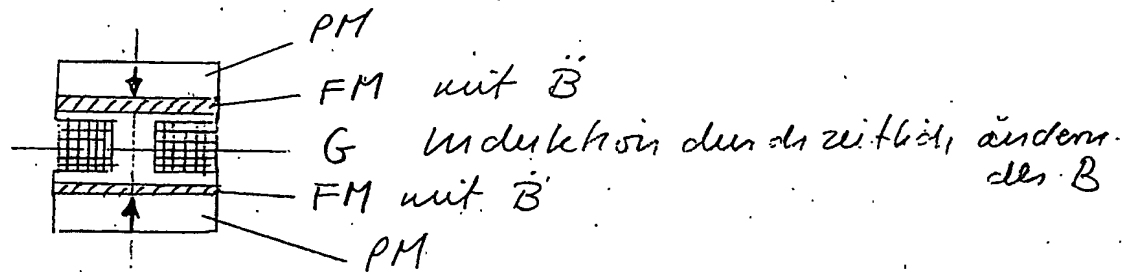
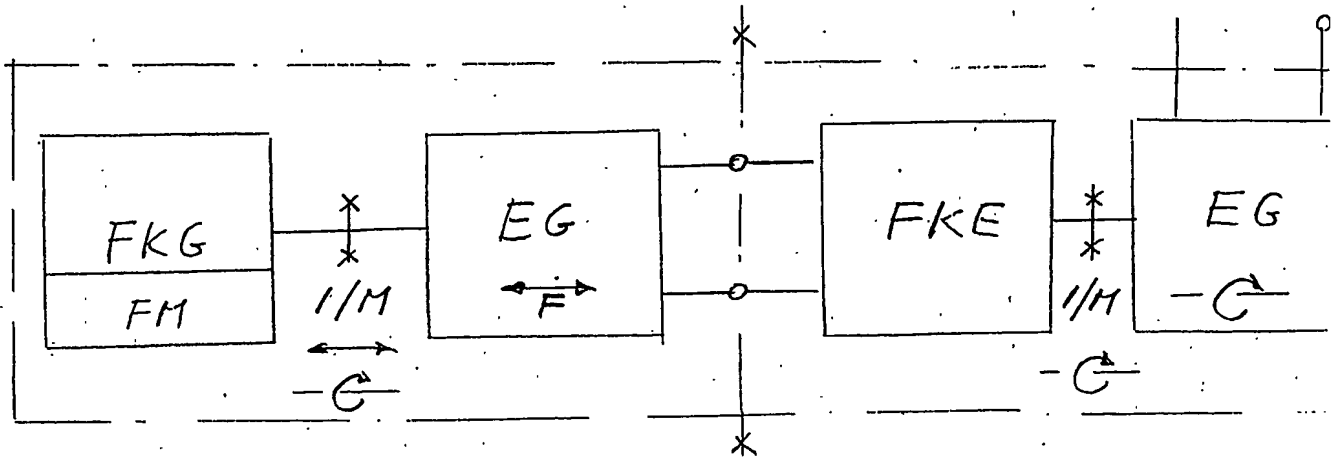


Bild 2: Feldkraftmaschinen - System
= autonomes System



FKG Feldkraft Generator (mit FM)

FM Feldmodulator

EG Elektro-Generator (Wanderwelle, Drehstrom)

FKE Feldkraft-Motor (ohne FM)

I Strom

M Drehmoment
F oszillierende Kraft
* Schnittstell

V. Experimentum Crucis

1. Hauptsätze und FKM

1.1 Hauptsätze der Molekül-Thermodynamik

1.1.1 Nullter Hauptsatz (4-143):

"Im thermodynamischen Gleichgewicht haben alle Bestandteile eines dieselbe Temperatur."

= subjektiver Temperaturbegriff.

→ Definition der thermodynamischen Temperatur: Die Temperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Moleküle. (4-153)

1.1.2 Erster Hauptsatz (4-140):

Der erste Hauptsatz ist der Energieerhaltungssatz. Er besagt, daß die Änderung der inneren Energie ΔU durch Wärmezufuhr Q und (oder) Arbeitsverrichtung W erfolgen kann.

"In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtbetrag der Energie konstant. Innerhalb des Systems können die verschiedenen Energieformen ineinander umgewandelt werden." (4-160)

D.h.: Die innere Energie eines Systems ist eine Erhaltungsgröße. Die Gesamtenergie eines Systems erfaßt alle Energieformen, also auch Reibungs-, Wärme-, elektrische, magnetische und gravitative Energie.

Das Perpetuum mobile (erster Art), das "dauernd Bewegliche", ist eine Maschine, die ohne Energiezufuhr aus der Umgebung dennoch dauernd Energie/Arbeit abgibt. Der Energiesatz läßt eine derartige Maschine nicht zu.

Die Thermodynamik definiert folgende thermodynamische Systeme (4-142):

Bezeichnung des Systems	Kennzeichen der Systemgrenzen	Beispiele
offen	durchlässig für Materie und Energie	Wärmeübertrager, Gasturbine
geschlossen	durchlässig für Energie, undurchlässig für Materie	geschlossener Kühlschrank
abgeschlossen	undurchlässig für Energie und Materie	verschlossenes Thermosgefäß
adiabat	undurchlässig für Materie und Wärme durchlässig für mechanische Arbeit	rasche Kompression in einem Gasmotor

1.1.3 Zweiter Hauptsatz (4-140):

Der zweite Hauptsatz sagt mit Hilfe des Entropiebegriffs etwas über die Richtung von Zustandsänderungen aus. Bei reversiblen Prozessen ist die Entropieänderung null; bei irreversiblen Prozessen ist sie positiv, d.h., die Wärme ist nicht vollständig in andere Energieformen umwandelbar. Die Entropie S läßt sich auch mikroskopisch als Wahrscheinlichkeitsfunktion deuten (Logarithmus der Zustandswahrscheinlichkeit $\ln P$ multipliziert mit der Boltzmann-Konstante k). Zustandsänderungen werden in Richtung maximaler Wahrscheinlichkeit (maximale Entropie) ablaufen.

"Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die Wärme aus einer Wärmequelle entnimmt und vollständig in mechanische Arbeit umwandelt."

Die Erfahrung zeigt, daß eine Wärmekraftmaschine stets auch Wärme an eine Wärmesenke tiefer Temperatur abgeben muß. (4-181)

Eine Maschine, die zwar den zweiten, aber nicht den ersten Hauptsatz verletzt, wird als Perpetuum mobile zweiter Art bezeichnet.

- 1.1.4 **Dritter Hauptsatz (Satz von Nerst, erweitert durch Planck) (4-140, 188):**
Der dritte Hauptsatz zeigt, daß bei Annäherung der Temperatur an den absoluten Nullpunkt ($T \rightarrow 0$) die Entropie konstant wird. Diese Konstante wird gleich null gesetzt. Aus dem dritten Hauptsatz folgt auch, daß der absolute Nullpunkt ($T=0$) nicht erreicht werden kann.

" $S_0=0$ für $T=0$

Die Entropie reiner Stoffe ist am absoluten Temperaturnullpunkt null."

Der Gleichgewichtszustand am absoluten Nullpunkt zeichnet sich durch maximale Ordnung aus. Die Unordnung und damit die Entropie sind null.
Vgl. auch freie Energie. (1-259)

1.2 Energieerzeugung bei Feldkraftmaschine

Wird die Feldkraftmaschine betrachtet z.B. wie ein Kernreaktor, so werden statt Brennelemente Magnete bzw. Elektrete von außen als sehr lang anhaltende Energieträger eingebracht - in diesem Sinne verstößt die FKM nicht gegen den ersten Hauptsatz der Thermodynamik d.h. gegen den Energiesatz. Dennoch sind die PM keine Energiequellen: Das Magnetfeld ist ein quellenfreies Wirbelfeld (nur Ladungen haben Quellen der Feldlinien, so die Maxwell'sche Theorie) und die PM / PE SM haben potentielle Energie - so die heutige physikalische Meinung. Zum Begriff Quelle / Senke siehe ff.

- 1.2.1 **FM: Transport von PM's durch Flußquanten, des FM vermittelt**
FM mit Sperrschicht sperrt/öffnet mit kleinem Energieanteil (bis 1:200, bei Feldeffekt bis 1:40000) den Feldfluß der Energie-Flußquanten (Magnetfeld zwischen den PM-Polen des magnetischen Kondensator) zwischen antiparallelen sich abstoßenden PM. Aus dem erzeugten Feld-Stoß der PM's wird ein kleiner Energieanteil für den FM genutzt und von der durch den FKG erzeugten Energie abgezogen. Der FM, bei Impulsausgleich zwei sich in der Symmetrieebene gegenläufig schwingende Teile, sind schwingende magnetisierte Massen mit negativer (anziehend) magnetischer Austauschwechselwirkung (sinngemäß wie quantenhafte Gitterschwingungen bei SL) und übermitteln in einem Kräfteparallelogramm (bei 4 Elementen) bzw. in einem Kräftedreieck (bei 3 Elementen) bei 2 PM und einem FM, eine anziehende Wechselwirkung zwischen den antiparallelen "Leitungs"-PM's. Die PM's verhalten sich wie Cooper-Paare im Grund-Zustand mit $E=0$. Falls das longitudinale Gleichgewicht nicht erreicht wird, kann ein longitudinales permanentes Magnetfeld dieses Gleichgewicht herstellen (aktiver FM).

Im Gegensatz zum Supraleiter besteht die vermittelnd anziehende magnetische Austauschwechselwirkung nicht aus Phononen, sondern aus quantenhaft schwingenden Flußquanten (virtuelle Photonen), verursacht durch die oszillierenden Schwingungen des/der Feldmodulators(en).

In der FKM werden also keine Massenströme und keine Elektronenströme, sondern antiparallel gekoppelte Makro-Spinmomente (PMs) durch die vermittelnde Anziehung des FM bewegt/oszilliert.
(Beim Elektret und elektrischem Feld ist das phänomenologisch genau so).

1.2.2 Schalt-Zustände des FM:

"ZU" = "isoliert"/gesperrt/intransparent/ magn. leitend: physikalisch = magnetische Flußquanten können den FM wegen hoher Leitfähigkeit (hohe Permeabilität) des FM diesen nicht durchqueren, sie werden umgeleitet (abgeschirmt).

"ZU" bedeutet: Ferro-/ferrimagnetische Spinkopplung wirksam = eingeschaltet.

"AUF" = "nichtisoliert"/geöffnet/transparent/nicht leitend: physikalisch = magnetische Flußquanten können den FM wegen sehr schlechter Leitfähigkeit (niedrige Permeabilität $\mu \approx 1$) des FM/Luft/Gas/Vakuum diesen durchqueren, sie werden nicht umgeleitet (nicht abgeschirmt).

"AUF" bedeutet: Ferro-/ferrimagnetische Spinkopplung unwirksam = ausgeschaltet.

Aus den Feldkraft-Impulsen - durch Öffnen des FM - entstehen nichtlineare Stoßwellen (Wellenberge schneller, Wellentäler langsamer → Wellenfront = Kopfwelle) und daraus Druck p im Volumen V und daraus zuerst eine mechanische Primär-Kraft auf dem Pleuel (Longitudinal-Maschine) bzw. ein Primär-Drehmoment im Falle einer Rotations-FKM (Transversal-Maschine).

1.2.3 Feldmodulator Grundprinzipien:

Der Feldmodulator FM entspricht in seiner Grundfunktion einer dimagnetischen Platte in einem magnetischen Kondensator ohne bewegendesteuernde Elemente; er wird mit kinematischem oder stationärem Prinzip betrieben. Dadurch entsteht eine Supertransistor-Maschine mit Gleichgewichtssteuerung durch das Supraleiter-Analogon.
Es gibt magnetisch leitende, nicht leitende und halbleitende FM's.

1. Kinematischer FM: Der kinematische FM kann passiv und/oder aktiv gebaut werden; er schaltet zwischen Materie im PM-Feld nach Luft/Gas/Vakuum im PM-Feld. Die aktive Version nutzt die Wirkung von anziehenden Hilfsfeldern.

2. Stationärer FM: Der stationäre FM ist nur als aktiver FM mit folgenden wesentlichen alternativen Wirkprinzipien realisierbar:

- a) FM-Schaltung in der Permeabilität-Induktion-Kennlinie zwischen leitend und nicht leitend

- b) FM-Para-/Ferro-/Ferri-Effekt:
Schaltung zwischen para- / ferro- / ferrimagnetischer Eigenschaft.
= Schalter für Spinkopplung (durch Curie-Temperatur etc.)
- c) FM mit M-Transistoreffekt: Keine Bewegung von elektr. Ladungsträgern (Elektronen, Löcher), sondern Bewegung von Magnetronen = Spinkopplungen (die Spinmomente sind stationär an die Elektronen der unkompensierten inneren Elektronenschalen gebunden und können überschüssig sein = positiv (P) oder fehlen = negativ (N)) und mit Nachbaratom-Elektronenschalen koppeln zur Polarisation, d.h. eine Ferro-/Ferri-Front (leitend) aus Magnetronen bzw. Magnetronen-Löcher bewegt sich durch eine Para-Schicht (nicht leitend) ohne Spinkopplungen.
→ Transport von P-Spinkopplungen oder N-Spinkopplungen durch den M-Feld-Halbleiter.
- d) FM mit Tunneleffekt mit SMISM-Kontakt bei T_c :
Magn. Feldflußquanten durchtunneln bei Supraleitung den FM.
FM schaltet zwischen Zuständen Materie "intransparent" (ZU) nach "transparent" (AUF)..

FM-Tunneleffekt: Zwei PM sind voneinander in antiparalleler Spinanordnung der PM's (Repulsion = gegenpolige Abstoßung) getrennt durch eine so dünne magnetische "Isolier-/Sperrschicht (FM), daß die durch Anlegen eines Magnetfeldes (elektrische Durchflutung $\Theta = \oint H ds = N \cdot I$ wirkt als magnetische Spannung) beschleunigten Flußquanten (virtuelle Photonen, keine Elektronen) durch diese FM-"Isolations-" / -Sperrschicht hindurchtunneln können. Die antiparallele Kopplung zweier PM (PM-Paar) erfolgt über die Deformation des Magnetfeldes durch den FM (durch magnetische Austauschwechselwirkung verzerrt ein FM das lokale Magnetfeld der PM's → Deformationsenergie). Der FM kompensiert die sich abstoßenden antiparallelen magnetischen Momente der PM's durch Anziehung (Austauschkraft = Überlappung der Magnetfelder im FM).

Bei kinematischem FM wird die dünne FM-Schicht durch Luft/Gas/Vakuum ersetzt; das Durchqueren etc. erfolgt nicht durch den FM-Stoff.

Die vorgenannte Funktionsweise gilt sinngemäß auch für PE mit elektrischem Feld und ferro-/ferrielektrischem FM.

Der Energieverbrauch des Feldmodulators ist viel geringer als die Stoßwellen-Feldenergie der Permanentmagnete (PM), die durch den FM geschaltet wird, deshalb ist der Wirkungsgrad in der FKM mit Energielücke $E=0$ größer 1; vergleiche Kraft-Weg-Kennlinie longitudinal (PM-Feld) zu transversal (FM-Bewegung im PM-Feld bzw. stationär aktivem FM im PM-Feld).

1.2.4 FM Feldstoß-Prozeß

Beim Öffnen des FM entsteht ein Stoßprozeß (vgl. mechanisch elastischer Stoß) zwischen den sich abstoßenden Magnetfeldern / Elektretfeldern (Repulsion antiparalleler Spinnomente).

Diese Felder werden beim Öffnen des FM, vom stark im weichmagnetischen FM durch die Spinstellungen magnetischer Momente und Dömanen umgelenkten Felder, stark "deformiert" (vgl. Feldlinienbild abstoßender Felder) und streben im elastischen Longitudinalwellen Stoßprozeß der Felder (mit ihrer Austauschwechselwirkung) dann einen neuen Gleichgewichts-Zustand an, indem die Felder (mit ihren materiellen Erzeugern) sich neu fast undeformiert in einem neuen Gleichgewichts-Zustand positionieren (bei Abstoßung verbleibt immer eine kleine Felddeformations-Komponente).

Als Analogon denke man an den Supraleiter und an das Cooper-Paar, das sich wechselwirkungsfrei ($E=0$) im deformierten Atomgitter (hier Feldmodulatoren bewegen kann).

In der Austauschwechselwirkung wird der Feldquanten-Stoßprozeß zwischen den antiparallelen PM-Spinnomenten durch longitudinale elastische Stoß-Spinwellen (die Spinnomente orientieren sich im FM bei jedem Zustand um) übertragen.

1.3 Atom-Thermodynamik

Hauptsätze der Thermo-Quantenelektrodynamik (TQED)

Reelle und virtuelle Photonen-Wechselwirkung (1-867) = Basis für das stationäre magnetische und elektrische Kraftfeld der Elektronen-Ladung und Spinnomente:

"Wechselwirkung zwischen "echten" Teilchen nie direkt, sondern immer als durch Photonen vermittelt. Ein Photon wird von einem Teilchen emittiert oder absorbiert, d.h. eine Photonlinie zweigt im Feynman-Graphen von einer Teilchenlinie ab oder mündet in sie. Im Diagramm unterscheidet man also äußere Linien, die bis zum Rand führen, und reale, beobachtbare Teilchen bedeuten, und innere Linien zwischen zwei Ereignispunkten für virtuelle, notgedrungen kurzlebige, "illegale" Teilchen..

Realer beobachtbarer Zustand \rightarrow virtueller Zustand mit Begrenzung der Lebensdauer $t=h/\Delta E$.

Man kann die Prozesse Emission und Absorption zu einem realen kombinieren, indem ein Elektron ein Photon emittiert, das virtuell bleibt und genügend schnell von einem anderen Elektron absorbiert wird. Die innere Photonlinie muß um so kürzer sein, je härter das Photon ist (jede soche Linie darf nur höchstens eine Wellenperiode enthalten). Bei geringerem Abstand können zwei Elektronen also härtere Photonen austauschen, die zu größeren Impulsänderungen, also Kräften führen. Im Fall zweier Elektronen machen die Impulsänderungen deutlich, daß es sich um eine Abstoßung handelt. Den Übergang zur Anziehung für ungleichnamige Ladungen liefert diese einfache Bild jedoch nicht."

Wesentliche Ergänzungen zu den Hauptsätzen der Molekül-Thermodynamik:

1. Einführung der Tunnelwahrscheinlichkeit D auf abgeschlossene Systeme.
2. Analoge Anwendung thermodynamischer Prinzipien auf die Quantenelektrodynamik, insbesondere auf das Elektron mit Ladung und Spinmoment, sowie reale und virtuelle Photonen, die ja das Gas mit der Wärme Q in einer Wärmekraftmaschine ersetzen durch das Feld mit Q_Q in der Feldkraftmaschine, also auf alle Teilchen und Quanten im Atom.
3. Isotherme und polytrope Zustandänderungen im TQED-Kreisprozeß der Quanten-Feldkraft-Maschine.

1.3.1 Nullter Hauptsatz der TQED

Wegen der Isotherme und Polytrope im Feldquanten-Kreisprozeß haben wir den nullten Hauptsatz der Thermo-Quantenelektrodynamik (In QED Einheit zwischen Welle und Teilchen) eingeführt.

"Im magnetostatischen, elektrostatischen und elektrodynamischen Gleichgewicht haben alle Bestandteile dieselbe Quantenfeld-Temperatur $T_Q = E_{kinQ}$."

Begründung: Die im Atom gebundenen Elektronen und ihre Spinmomente schwingen bei Temperatur $T > 0$ mit dem Atom im Molekül mit, d.h. das Quantenfeld der Spinmomente muß mit mittlerer kinetischer Energie mitschwingen. Sinngemäß gilt das für das elektrische Feld genauso.

Der Photonenstoß (reelle Photonen) und Sub-Photonenstoß (innere, virtuelle Photonen), sowie Elektronenstoß überträgt mittlere kinetische Energie beim Stoßvorgang.

1.3.2 Erster Hauptsatz der TQED

Der erste Hauptsatz der Thermo-Quantenelektrodynamik ist der Energieerhaltungssatz. Er besagt, daß die Änderung der inneren magnetostatischen, elektrostatischen oder elektrodynamischen Energie ΔU durch Quantenfeld-Wärmezufuhr Q und (oder) Arbeitsverrichtung W erfolgen kann.

Die Tunnelwahrscheinlichkeit D ist für wahrscheinlich-abgeschlossenes System im ersten Hauptsatz der Thermo-Quantenelektrodynamik notwendig.

"In einem wahrscheinlich-abgeschlossenen System bleibt der Gesamtbetrag der magnetostatischen, elektrostatischen und elektrodynamischen Quantenfeld-Energie wahrscheinlich konstant. Innerhalb des Systems können die verschiedenen Energieformen ineinander umgewandelt werden."

D.h.: Die innere Quantenfeld-Energie eines Systems ist eine wahrscheinliche Erhaltungsgröße.

Folge: Energiesatz (erster Hauptsatz) $\Delta U = Q + W \rightarrow$ TQED: $\Delta DU = DQ + DW$

Die Gesamtenergie eines Systems erfaßt alle Energieformen, also auch Reibungs-, Wärme-, elektrische, magnetische und gravitative Energie.

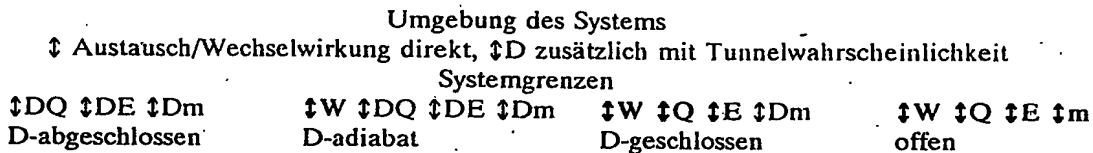
Das Perpetuum mobile (erster Art), das "dauernd Bewegliche", ist eine Maschine, die ohne Quantenfeld-Energiezufuhr aus der Umgebung dennoch dauernd Energie/Arbeit abgibt. Der Energiesatz der Thermo-Quantenelektrodynamik läßt eine derartige Maschine nicht zu.

1.3.2.1 Mit Wahrscheinlichkeit abgeschlossenen Systemgrenze

Der Tunneleffekt mit der Tunnelwahrscheinlichkeit 1-D der Reflexion oder D Durchgang von quantenmechanischer Teilchen durch die Systemgrenze begründet eine Umformulierung des ersten Hauptsatzes der TQED:

In einem mit der Wahrscheinlichkeit D abgeschlossenen System bleibt der Gesamtbetrag der Energie wahrscheinlich konstant. Innerhalb dieses Systems können die verschiedenen Energieformen ineinander umgewandelt werden. D.h.: Die innere Energie eines Systems ist eine im TQED-System wahrscheinliche Erhaltungsgröße. Die Gesamtenergie eines Systems erfaßt alle Energieformen, also auch Reibungs-, Wärme-, elektrische, magnetische und gravitative Energie.

Strukturbild der Thermo-Quantenelektrodynamik



Energiesatz (erster Hauptsatz Molekül-Thermodynamik): $\Delta U = Q + W$

Änderung der inneren Energie ΔU durch Wärmezufuhr und (oder) Arbeitsverrichtung.

Wegen Tunneleffekt (m Materieteilchen) und Energiefelder Erweiterung bezüglich Quantenfeld Q:

Energiesatz TQED: $\Delta DU_Q = DQ_Q + DW_Q + DE_Q + Dm_Q$

Austausch/Wechselwirkung:

Q = Quantenfeld-Wärme-Energie + Quantenfeld-Reibungs-Energie

W = mechanische, elektrische, magnetische Arbeit durch FKM/KFM im Kreisprozeß

E = magn./elektr./grav. Quantenfeld-Energie

m = Materie

Thermodynamische direkt meßbare *intensive* Zustandsgrößen

- Druck p
- Volumen V
- Temperatur T

Abgeleitete kalorische *extensive* Größen, hängen von Masse m, Stoffmenge v des Systems ab

- innere Energie U
- Enthalpie H
- Entropie S

1.3.2.3 Umwandlung der Energieform

Energiequellen sind Stellen, wo Energie aus anderen Energieformen (magnetische, elektrische) entsteht. Quellen sind z.B. stromführende Drähte oder Magnete bei denen magnetischen / elektrischen Felder aus dem Stromfluß oder Ringstrom entstehen und die Felder wie Wärme als Quelle verstanden werden.

Die Umformung bei der FKM erfolgt durch Umformung der magnetischen / elektrischen Energie in mechanische Energie.

Negative Quellen, also Senken sind Stellen, wo Energie in andere Energieformen überführt wird. Zwischen Quellen und Senken kann sich eine stationäre Energieverteilung einstellen.

Als Quelle und Senken werden auch Oberflächenpolarisationen mit unabgesättigten Dipolmomenten (-+, +-) bezeichnet, siehe Oberflächen auf dem dimagnetischen / dielektrischen FM im Kondensator-Feld.

Positive Ladung = Quelle, negative Ladung Senke, Kraftvektor als Kraft auf eine positive Probeladung von "plus" nach "minus".

1.3.2.4 Wahrscheinlich keine weitere Energieaufnahme von außen

Modell für die FKM: Oszillation zwischen $E=0$ und $E=$ positiv.

Die Feldkraftmaschine (PM, PE, SM) nimmt mit der Wahrscheinlichkeit D keine weitere Energie von außen auf (z.B. Erzeugung von neuen Spinmomenten im Atom) in den PM, PE, SM; sie schaltet nur durch den FM im Gleichgewichtszustand die neutralisierte Kraftwirkung der permanenten potentiellen Energiefelder der PM's. D.h. im Zustand gegenseitiger Neutralisation der Austauschwechselwirkung durch den FM im FM, wird ihre gegenseitige Wechselwirkung minimiert / maximiert.

Der FM wandelt so die permanente potentielle Feldenergie der PM-Polarisation und Spinmomente in permanente kinetische Feldenergie durch kontrollierte oszillierende Abstoßung/Anziehung der PM's - im magnetischen Fall - um (Energie-Switch) und nutzt eine Energielücke des Systems antiparalleler "Makro-Spinmomente" mit Ringstrom.

So "erzeugt" die FKM-FKG mechanische Energie und Entropie durch Ausnutzung des Energie-Grundzustandes bei $E=0$ und seine Modulierung (d.h. Modulierung der vermittelnd anziehenden FM-Schwingungen), in dem der FM zwischen Gleichgewicht (Ordnung) und Ungleichgewicht (Unordnung) das antiparallele PM-System schaltet.

1.3.2.5 FKG-Energie-Konverter

Die Feldkraftmaschine als FKG ist ein Feldenergie-Konverter. Er konvertiert permanent potentielle in permanent kinetische Feldenergie, basierend - im magnetischen Fall - auf den Feldquanten der Spinmomente der Elektronen der unkompensierten *inneren* Elektronen-Schalen und deren Polarisation mit den Spinmomenten der Nachbaratome.

Das FKM-System, nicht die PM, PE, SM, ist mit der Wahrscheinlichkeit D adiabat, denn es nutzt die innere Feldenergie der spontanen Magnetisierung und der Spinnomente (Quantenzustand) und wandelt diese in mechanische Energie W um. Mit Wahrscheinlichkeit D adiabat, weil mechanische Energie nach außen - durch die Energieumformung aus magnetischer Energie - "entsteht".

Die Kraft-Weg-Kennlinien zwischen PM- und FM-Bewegung sind verschieden: Die transversale Kraft-Weg-Kennlinie des FM benötigt wesentlich weniger Energie als die longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie der PMs, siehe Experimentum Crucis mit Optimierung der Haftkraft zu Eigengewicht und Richtung der magnetischen Feldvektoren relativ zur FM-Bewegung und ggf. aktive transversale Magnetfelder zur Kompensation bzw. Herstellung des transversalen Gleichgewichtes.

Demzufolge ergibt sich eine prognostizierte positive Energiebilanz für das FKM-System, maximal etwa wie bei einem Transistor im Verhältnis Basisstrom steuert Verstärkerstrom/-spannung (bis 1:200, bei Feldeffekt bis 1:40000). Der FKG als magnetischer Generator nutzt also eine Energielücke mit $E=0$ zu Herstellung einer positiven Energiebilanz.

Die FKM liefert durch die Schaltung (AUF ./ ZU) der Austauschwechselwirkung der Spinnomente im System also mehr Energie als im System zur Schaltung der permanenten potentiellen Energiefelder durch den FM aufgewendet werden muß. Die Energiebilanz ist also positiv, ohne Energiefluß für die inneren Spinnomente von außen zu verwenden (wegen des Quanten-Grundzustandes der Spinnomente).

Genau so wie die spontane Magnetisierung in den Domänen, stellen sich die Domänen und Spinnomente spontan, bei geringer Wandverschiebungs- und Drehprozeß-Energie im FM auf die Induktion durch die PM's im weichmagnetischen FM ein und neutralisieren so die Austauschwechselwirkung zwischen den PM's.

Folge: Gleichgewichts-Zustand zwischen PM-FM-PM mit Energielücke $E=0$.
Bem: Domänen bei kristallinen Stoffen und bei amorphen Stoffen vorhanden.

1.3.2.6 Abgeschlossenes vs. wahrscheinlich-abgeschlossenes System

Die so über den Magnetfeld-Konverter gewonnene Energie wird mit der Umgebung *mechanisch* ausgetauscht. Auch wird sekundär Wärme erzeugt, wenn der Kolben am Umkehrpunkt der Kurbelschleife (der Oszillation) seine kinetische Energie abgibt (so wie ein Apfel, der vom Baum fällt und beim Aufprall seine kinetische Energie in Wärme umsetzt).

Ob Energie für die Spinmomente (Quantenzustände) oder neue Spinmomente bzw. neue Polarisationen von innen/außen nachgeliefert werden (das System wäre dann für reelle und virtuelle Photonen (mit m , E) offen für magnetische / elektrische Energie-Quanten, Elektronen bzw. Polarisationen und ggf. im Fließgleichgewicht), ist zu klären:

Wechselwirkung mit dem Vakuum-Quantenfeld ?

Ob das Spinmoment-System energetisch offen ist, ist eine komplexe Frage, die mit der Wechselwirkung der Elektronen mit dem Vakuumfeld zusammenhängt. Andererseits gibt es im Festkörper makroskopische Energielücken (Supraleiter mit wechselwirkungsfreien Teilchen), so dass nicht notwendigerweise ein energetisch offenes System die magn./elektr. Energie zuführen muß, sondern die geschickte Ausnutzung von wechselwirkungsfreien Systemzuständen die Lösung ergibt.

Das wäre verträglich mit dem Prinzip wechselwirkungsfreier Teilchen und der Quantenstatistik.

Es stehen sich vier Lösungs-Modelle gegenüber:

- Die Magnete haben sehr viel Energie gespeichert und werden durch Energieauskopplung in langer Zeit leer (Polarisation, Spinmomente, etc. versiegen, Anzahl der wirksamen Atomkerne verringert sich etc.).
- Magnetisches Fließgleichgewicht: Magn./elektr. Energieaustausch für Elektronen (Ladung/Spinmoment etc.) zum Vakuumfeld = wahrscheinlich-abgeschlossenes System (Energieaustausch durch Quanten und Tunneleffekt für Teilchen, etc.)
- Grundzustand mit $E=0$, getrennt durch eine *Energielücke* im wahrscheinlich abgeschlossenen System, benötigt als Zustand auf ewige Zeit keine äußere/innere Energiezufuhr, um im Gleichgewicht zu bleiben.
- Ur-Energie-Quelle mit kanonischer Energiezufuhr von innen/außen über einen unbekannten Weg/Prinzip.

1.3.2.7 Quantenstatistik:

Die Quantenstatistik bezieht sich auf Teilchen und Quanten (Strahlungsquanten = reelle Photonen) und in unserem Fall auch auf virtuelle Photonen.

Elektronen = echte Elementarteilchen

Atomkerne = zusammengesetzte Teilchen

Photonen = Quanten der elektromagnetischen Wechselwirkung

Virtuelle Photonen: Keine reellen Strahlungsquanten = virtuelle Emission /

Absorption = vermittelnde Austauschwechselwirkung (Kraftfeld) zwischen

Elektronen etc. Das Magnetfeld hat potentielle Energie, deshalb: virtuelle

Photonen zur Erzeugung des Kraftfeldes (keine Herz'sche Schwingung).

Permanentmagnet / Permanentelektret / Supraleitermagnet für sich erzeugt keine Arbeit / Entropie, ist also im reversibel hochgeordneten Grundzustand mit $E = 0$; PM / PE / SM hat keine kin. Energie.

Der wichtigste Unterschied zwischen Teilchen und Quanten ist die Erhaltung der Teilchenzahl. Im Gegensatz dazu ist die Zahl der Quanten in einem wahrscheinlich-abgeschlossenen System keine Erhaltungsgröße (3-486).

1.3.2.8 Tunneleffekt

Hier verweise ich auf den Tunneleffekt mit der Wellenfunktion eines Teilchens in drei Bereichen: im Potentialkasten; innerhalb der Wand, im Außenraum. (1-486, 654, 791, 828) Dies widerspricht der Erhaltung der Teilchenzahl und damit der Erhaltung der inneren Energie eines Systems.

Da die atomare und molekulare Bindung elektrischer Art ist, kann ein Teilchen den Coulomb-Wall - bedingt durch die Tunnelwahrscheinlichkeit - überwinden und das wahrscheinlich-abgeschlossene System verlassen oder es wird mit derselben Wahrscheinlichkeit 1-D reflektiert.

Folge: Es gibt auch für Teilchen keine abgeschlossene Systeme, da sie Wellenfunktionen darstellen und sich nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen verhalten.; es gibt nur wahrscheinlich-abgeschlossene System

Der Tunneleffekt zeigt, daß es keine abgeschlossene Systeme gibt: die Systeme haben keine geometrisch/logisch unendlich dichte Grenzen, sie sind immer Grenzschichten mit Übergangswahrscheinlichkeiten - auch die Austrittsarbeit (z.B. für Elektronen = Wellenfunktionen aus dem Festkörper) unterliegt der Übergangswahrscheinlichkeit).

Die Erhaltung der Teilchenzahl und der inneren Energie wird durch den Tunneleffekt neu definiert.

1.3.2.9 Energieausgleich durch Vakuum-Quantenfeld

Bezüglich des Energieaustausches zwischen Vakuumfeld (Sub-Quanten) und den Elektronen (Teilchen) können wir also auch für quantenmechanische Teilchen ein wahrscheinlich-abgeschlossenes System annehmen.

Ein Verstoß gegen die Erhaltungssätze der etablierten Physik wird durch die Physik selbst mit Wahrscheinlichkeit im Tunneleffekt nicht gestützt:

So können die zuvor genannten klassischen Erhaltungssätze für quantenmechanische Teilchen nicht stehen bleiben, deshalb ist ein wahrscheinlich-abgeschlossenes System für den ersten Hauptsatz der Thermo-Quantenelektrodynamik notwendig.

Modell induzierte virtuelle Emission für virtuelle Photonen:

Der Prozeß der induzierten Emission könnten wir auf die Nachlieferung von Energie aus dem Vakuumfeld (Ursache = andere Elektronen außerhalb des Systems) zu den Elektronen im Labor-System (Erhaltung der Energie des Elektrons als quantenmechanisches Teilchen) durch virtuelle Photonen (kein Verstoß gegen die Erhaltung der Zahl von Quanten im abgeschlossenen System), übertragen, denn es werden ja keine reellen Photonen emittiert beim permanenten Magnetfeld (keine Hertz'sche Wellen), es werden nur Spinnmomente polarisiert /depolarisiert.

Der Prozeß der induzierten *virtuellen* Emission verstärkt die einfallende Welle (hier virtuelle Photonen) kohärent: die Welle des emittierten virtuellen

Photons hat die gleiche Ausbreitungsrichtung, Phase, Polarisation und nichtlineare Wellenform (Solitonen) (neu: Wellenform-Invarianz in Eichtheorie), wie die einfallende. Aber nur für den Fall, daß die induzierte virtuelle Emission häufiger ist als die virtuelle Absorption, findet eine virtuelle Strahlungs-Verstärkung (der virtuellen Photonen, des Kraftfeldes statt.

Unabhängigige Existenz magnetostatischer und elektrostatischer Felder (= stationäre Felder)

Zitate (3.) aus Elektrostatik und Magnetostatik:

"Fließt weder ein Strom ($j=0$) noch ändert sich das magnetische Feld ($dB/dt=0$) sowie die elektrische Verschiebungsdichte ($dD/dt=0$), dann existieren elektrostatische und magnetostatische Felder vollkommen unabhängig voneinander."

Wie wir oben gesehen haben, haben wir es mit vollkommen unabhängigen elektrostatischen und magnetischen Feldern zu tun; demzufolge sind es keine elektromagnetischen Wellen, wenn der Magnet oder Elektret longitudinal oszilliert (ruhender Beobachter/Koordinatensystem (Spez. Relativitätstheorie)).

Instationäre Felder

Beachte: jedes zeitlich sich ändernde magnetische Feld erzeugt ein elektrisches Wirbelfeld (quellfrei) und jedes zeitlich sich ändernde elektrische Feld erzeugt ein magnetische Wirbelfeld (quellenfrei).

Das Übertragungsmedium (Quasikontinuum aus Elektronen) ist durch die virtuellen Photonen (= virtuelle Feldquanten) im Raum (Vakuumfeld) miteinander gekoppelt, so dass eine vermittelnde Austauschwechselwirkung durch longitudinale Stoßwellen stattfinden kann.

Wir stellen abschließend fest: Die virtuellen Photonen sind wegen ihrer vermittelnden Anziehung / Abstoßung magnetische oder elektrische longitudinale Vektorpotential-Stoßwellen (keine Hertz'schen Wellen, da longitudinale Oszillation / Schwingung), die den elektromagnetischen Raum, gefüllt mit elektrischen Teilchen (elektromagnetisches Medium, z.B. Elektronen-Gas) verdichten (Druck-Welle) oder verdünnen (Zug-Welle); Transversale Torsions-, Spin-, Scher-, Biegungs-Wellen können beteiligt sein, je nach Fall (Viskosität) der vermittelnden Kraftwirkung (Austauschfeld)
+ elektromagnetischer Spannungstensor.

Das magnetostatische und elektrostatische Vakuumfeld ist das virtuelle Quanten-Feld zwischen den elektrischen Teilchen, es ist das Feld der virtuellen Photonen (der Feldquanten, die die Kraft vermitteln), das von realen Photonen durchquert wird (beachte variable Lichtgeschwindigkeit relativ zur Raum-Ladungsdichte des Ladungs-"Mediums" wegen elektrischer Feldstärke).

Spezielle Relativitätstheorie in der Elektrodynamik

"Die elektrostatische Kraft zwischen ruhenden Ladungen und die magnetische Kraft zwischen bewegten Ladungen erhalten eine Verknüpfung durch die

Relativitätstheorie. (Es läßt sich zeigen, daß ein rein elektrisches Feld in einem System S von einem Beobachter in S' , das sich relativ zu S bewegt, als elektrisches und magnetisches Feld gesehen wird.) Ebenso erhält ein rein magnetisches Feld durch Wechsel in ein bewegtes Koordinatensystem zusätzlich ein elektrisches Feld. Elektrische und magnetische Kräfte sind damit nur verschiedene Spielformen desselben physikalischen Phänomens, der elektromagnetischen Wechselwirkung. Je nach Wahl des Koordinatensystems ist die Wechselwirkung rein elektrisch, rein magnetisch oder gemischt."

Medium aus Ladungs-/Spinmomentträgern

Im Elektronengas und Elektronenflüssigkeit ohne innere Reibung sind lediglich Longitudinalwellen ausbreitungsfähig. Andere Wellentypen existieren nicht, weil benachbarte Volumenelemente einer seitlichen Verschiebung keinen Widerstand entgegensetzen. (Die Medien haben keinen Schubmodul.)

Wenn im Weltraum auch ein Elektronengas vorhanden wäre (in 3-39 wird Vakuum als ladungsfrei betrachtet), das lokal gegenüber den Feldkonstanten $\epsilon_0 \mu_0$ "verändert" ist \rightarrow Lichtgeschwindigkeit c in Relation zu $\epsilon_0 \mu_0 = F(x, y, z, t)$, dann würde sich c ändern.

Bem: Es ist zu klären, bei welchen Aggregatzustand das "Vakuumsfeld" (mit seinen Elektronen als oszillierende Schwinger) viskos ist und wie die elektromagnetische Welle (stationäres Feld mit Photonen) und virtuelle Photonen (stationäres Feld) sich auf der Basis einer Kopplung zwischen Elektronen durch und dem Einfluß der elektromagnetischen Feldstärke in diesem Vakuumsfeld ausbreitet.

Wir vergessen auch nicht die superluminaren Phänomene bei Transmission von elektromagnetischen Wellen durch verbotene Zonen mit Tunneleffekt (Tunnelgeschwindigkeit) und der Frontgeschwindigkeit c .

1.3.3 Zweiter Hauptsatz der TQED

Die Irreversibilität natürlicher und technischer Prozesse ist der Inhalt des zweiten Hauptsatzes der Thermo-Quantenelektrodynamik.

Dieser legt die Richtung der von selbst ablaufenden Vorgänge fest, die stets einem magnetostatischen, elektrostatischen oder elektrodynamischen Gleichgewicht zustreben.

Zweiter Hauptsatz der Thermo-Quantenelektrodynamik:

"Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die Quantenfeld-Wärme (mittlere kinetische Quanten-Feldenergie) aus einer Quantenfeld-Wärmequelle entnimmt und vollständig in mechanische Arbeit umwandelt."

Eine Maschine, die ohne Quantenfeld-Wärmeabgabe bei tiefer Quantenfeld-Temperatur T_Q auskommt, wäre ein Quantenelektrodynamisches Perpetuum mobile zweiter Art.

Diese verletzt nicht den ersten Hauptsatz der Thermo- Quantenelektrodynamik, aber den zweiten und ist deshalb unmöglich.

1.3.3.1 Oszillierende Zustandsgrößen

Die Maschine arbeitet in einem insgesamt irreversiblen Kreisprozeß zwischen magneto-dynamisch oszillierenden Zuständen von reversibel-irreversibel-reversibel → insgesamt irreversibel.

Das Wirkprinzip des FKG entspricht einer "Supertransistor-Maschine" und ist auch eine makroskopische Analogie zu einem Supraleiter mit Energielücke ($FM \rightarrow E=0$).

1.3.3.2 Arbeit / Energie / Entropie

Entropie

Der zweite Hauptsatz sagt mit Hilfe des Entropiebegriffs etwas über die Richtung von Zustandsänderungen aus. Bei reversiblen Prozessen ist die Entropieänderung null; bei irreversiblen Prozessen ist sie positiv:

Die FKG produziert mit dem FM Arbeit und Entropie ($S=0$); beim $E=0$ Zustand besteht keine Entropiezunahme; der Prozeß ist reversibel = Gleichgewichtszustand = maximale Ordnung; die Unordnung und damit die Entropie sind null; im darauf folgenden 1. angeregten Zustand ($E=1$) - im Ungleichgewicht der Abstoßung - produziert die Maschine Arbeit und Entropie und gibt diese als mechanische Arbeit W an die Kurbelwelle ab → Entropie ist positiv.

So oszilliert das System dauernd, geschaltet durch den oszillierenden FM, zwischen den Zuständen Ordnung = Gleichgewicht = Entropie null und Unordnung = Ungleichgewicht = Entropie positiv.

Reversible und irreversible Kreisprozesse

Feldkraftmaschine:

Zitat (3-177)

"Durchläuft ein System eine Folge von Zustandsänderungen, so daß der Endzustand wieder mit dem Anfangszustand übereinstimmt, so handelt es sich um ein Kreisprozeß."

Ein rechtsläufiger Kreisprozeß (Kraftmaschinenprozeß, es wird mehr Arbeit abgegeben als zugeführt) liegt vor, wenn die Zustandsänderungen im p, V -Diagramm (gilt auch für magnetisch periodisch arbeitende Feldkraft-Maschinen) im Uhrzeigersinn durchlaufen wird.

Kraftfeldmaschine:

"Bei einem linksläufigen Kreisprozeß (Arbeitsmaschinenprozeß, wenn mit Hilfe eines Motors periodisch mechanische Arbeit zugeführt wird) wird das p, V -Diagramm im Gegenuhrzeigersinn durchlaufen."

Reversible und irreversible Prozesse:

"Ein Prozeß ist reversibel, wenn bei seiner Umkehr der Ausgangszustand wieder erreicht wird, ohne daß Änderungen in der Umgebung zurückbleiben."

Ein Prozeß ist irreversibel, wenn seine Umkehr zum Ausgangspunkt nur unter äußerer Einwirkung möglich ist, wobei eine Veränderung in der Umgebung zurückbleibt.

Die Irreversibilität natürlicher und technischer Prozesse ist der Inhalt des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Dieser legt die Richtung der von selbst ablaufenden Vorgänge fest, die stets einem Gleichgewichtszustand zustreben.

Dies gilt auch bei der TQED.

+ Anziehung FM mit Abstoßung der PM's im Gleichgewicht bei OT.

In (3-184) wird gezeigt, dass ein aus reversiblen und irreversiblen Anteil (Weg im p, V-Diagramm) bestehender zusammengesetzter Kreisprozeß insgesamt irreversibel ist.

+ Die FKM arbeitet also insgesamt in einem irreversiblen Kreisprozeß.

Entropie $S_2 - S_1 > 0$:

In einem adiabaten geschlossenen System sind irreversible Prozesse stets mit einem Anstieg der Entropie verknüpft. Bei reversibler Prozeßführung bleibt die Entropie konstant.

In einem abgeschlossenen System können von selbst nur Vorgänge ablaufen, bei denen die Entropie ansteigt.

Verbrennungsmotoren sind offene Systeme, sie können näherungsweise als geschlossene Systeme angesehen werden."

Der irreversible FKM-Kreisprozeß:

Die im TQED-Kreisprozeß reversibel-irreversibel periodisch im p, V-Diagramm arbeitenden Feldkraftmaschinen (FKG + FKE) sind wahrscheinlich-offene Systeme: Zuführung der Magnete mit W, Q, m, E (magneto- / elektrostatisches Energiefeld).

Das p, V-Diagramm der FKM:

p = Felddruck (nichtlineare Stoßwellen, Solitonen) auf die PM-Kolben,

V = Volumen im Hubraum, in dem das Feld wirkt (statt Expansion des heißen Gases in WKM bei FKM Entspannung der Magnetfeld-Deformation).

Arbeit / Energie / Entropie

Die Maschine erzeugt Arbeit/Energie/Entropie mit magnetisch transversal schwingenden Vektorpotential-Longitudinal-Stoßwellen (elastische, nichtlineare Kraftfeld-Stoßwellen (Solitonen)), wegen der Oszillation der PM selbstreflektierend an Domänen und Spinmomenten (ggf. mit Scherung u. Torsion); Zustand: instationärer magnetischer Spannungstensor (Druck- / Zug-Spannung mit Deformation des Kraftfeldes), siehe erweitertes Eichfeld.

Und die Energie entsteht dabei aus der Kraft zur Selbstorganisation der Materie (Spinmoment + Austausch-Kräfte / -wechselwirkung, positives Austauschintegral): Sie sucht immer den energetisch niedrigsten Gleichgewichts-Zustand zwischen den Feld-Druck- und Feld-Zug-Kräften (den Deformationen des Kraftfeldes) einzunehmen, also den Zustand minimaler Energiedifferenz, hier sogar im Grundzustand mit $E=0$ (Bose-Einstein-Statistik

Die FKM primär keine Wärmekraft-Maschine, weil sie primär keine Wärme, sondern Feldenergie E zur Erzeugung der mechanischen Energie W benötigt.

1.3.4 Dritter Hauptsatz der TQED

Der dritte Hauptsatz der TQED zeigt, daß bei Annäherung der Temperatur an den absoluten Nullpunkt ($T_Q \rightarrow 0$) die Entropie konstant wird. Diese Konstante wird gleich null gesetzt. Aus dem dritten Hauptsatz der TQED folgt auch, daß der absolute Nullpunkt ($T_Q=0$) nicht erreicht werden kann.

$S_{Q0}=0$ für $T_Q=0$

Die Teilchen- und Quanten-Entropie ist am absoluten Temperaturnullpunkt T_Q null.

Der Gleichgewichtszustand am absoluten Nullpunkt zeichnet sich durch maximale Ordnung aus. Die Unordnung und damit die Teilchen- und Quanten-Entropie sind null.

1.4 Solid-state-Maschine

Die Feldkraft-Maschine kann auch als "Solid-state" Maschine, also ohne bewegte Teile, zur induktiven Erzeugung von Primärstrom aus sich zeitlich schnell veränderndem Magnetfeld (instationäres Feld), moduliert / generiert durch einen *stationär-positionierten, aber instationär aktiven Feldmodulator*, ausgebildet werden. Eingangs-Basis des modulierten Feldes ist das Gleichfeld aus einem stationären Potentialfeld eines Permanent-Magneten oder Permanent-Elektreten oder aus einem Supraleiter.

M-Solid-state: Erzeugung eines elektrischen Feldes durch ein veränderliches magnetisches Feld (instationäres Feld) (FM mit Magnet).

E-Solid-state: Erzeugung eines magnetischen Feldes durch ein veränderliches elektrisches Feld (FM mit Elektret).

1.5 Hierarchie der Grundzustände des FKG

Es bestehen folgende hierarchische Grundzustände ($E=0$), die durch eine Energielücke vom normalen ersten angeregten Zustand getrennt sind.

Beispiel Magnetfeld:

1. Spinmoment des Elektrons (andere magn. Momente vernachlässigbar)
2. Spontane Magnetisierung der Domänen aufgrund der Austauschwechselwirkung der unkompensierten inneren Elektronenschalen
3. Permanentmagnet als Ganzes = Makro-Elektronen-Spinmoment
4. FKG-Supra-Maschine mit PM-FM-PM Makro-Elektronen-Spinmomenten und anziehend vermittelnde magnetische Kräfte des FM wechselwirkungs-freier Teilchen, Pauli-Prinzip gilt nicht).

1.6 Physiologisch hierarchische Ordnung

Die FKM ist somit eine fundamental neue primär magnetostatische / elektrostatische Maschine (magneto- / elektrostatischer Generator FKG) mit folgender hierarchischer Struktur am Beispiel des Magnetfeldes:

Stufe Physikalische hierarchische Ordnung

0. Prinzip Vakuumfeld:

Magnetostatisch virtuelle Photonen als anziehend vermittelnde Fundamental-Austauschwechselwirkung des Vakuumfeldes mit Elektronen-Spinmoment (vierte Quantenzahl = magn. Quantenzahl des Spins).

Austauschwechselwirkung = Elektron-Spinmoment-Orbital (ESMO) = (Aufenthalts-) Wahrscheinlichkeitsdichte-Verteilung des magnetostatisch virtuellen Photons (Feldquant, kein Teilchen).

Aus Überlagerung von zwei ESMO in Fernwirkung wechselwirkender

Elektronen-Spinmomente entsteht ein "bindendes" Magnetkörper-Orbital (MKO) für zwei Elektronen-Spinmomente mit antiparallelen Spins, das eine Magnetkörper-Bindung darstellt (→ anziehende Bindungsenergie).

Abstoßende Bindungsenergie: Zwei gegenläufige magnetostatisch virtuelle longitudinale nichtlineare Stoß-Wellen (→ Solitonen) erzeugen Kräfte-Gleichgewicht durch Energieaustausch (Solitonen transportieren die Energie) der ESMO des MKO.

1. Prinzip Elektronen-Spinmoment-Kopplung:

Spin-Kopplung als Ferro-/Ferrimagnetismus mit Austauschwechselwirkung zwischen den benachbarten unkompensierten inneren Elektronenschalen.

2. Prinzip Makro-Elektron / magn. Flußquant:

PM = Makro-Spinmoment (makroskopisches Volumen-Magnetfeld hat äquivalent scalierte Ladung bzw. Strom zur Erzeugung des Magnetfeldes = im Festkörper polarisierte Domänen und polarisierte Spinmomente. Im PM: Magnetischer Fluß Φ ist zeitlich konstant und beträgt ein ganzzahliges Vielfaches vom Flußquant Φ_0 .

3. Prinzip Supraleiter:

PM-Oszillationen zwischen den Zuständen $E=0$ und E positiv = Ordnung vs. Unordnung = Gleichgewicht vs. Ungleichgewicht. Entropie S = Richtung von Zustandsänderungen: reversible Prozesse $S = 0$, irreversible Prozesse $S =$ positiv.

4. Prinzip verallgemeinerter M-Feld-Transistor

4.1 FM als Feld-Schalter:

1. Kinematische Sperrschicht vs. Luft/Vakuum oder

2. stationär-aktive dünne Sperrschicht bei Normaltemperatur mit den FM-Typen: a) Para-ferro-FM (Schalten der Austauschwechselwirkung)
- b) M-Tunneleffekt-FM,
- c) Bewegung der Spinkopplung (Magnetronen) im FM-M-Feld-Halbleite (M-Feld-Transistoreffekt)

Das Schalten des FM erzeugt eine hochgradig nichtlineare Stoßwellen-Dynamik: kleine Schwankungen in den Eingangsgrößen des Energie-Systems (FM Ein/Aus) haben sehr große Veränderungen der Ausgangsgrößen zu Folge (nichtlineare Solitonen-Abstoßungs-Stoßwelle der PM's).

- 4.2 ParaFerro-/Ferri-FM: Umschaltung von Para- in Ferro-/Ferrimagnetismus (-Elektrizität) durch Aufhebung der Austauschwechselwirkung (Spinmoment-Kopplung) zwischen den unkompensierten inneren Elektronenschalen und/oder den Domänen (beim kristallinen Stoff).
- 4.3 FM-M-Tunneleffekt: Tunneln von magnetischen Flußquanten durch die FM-Sperrschicht aufgrund einer magnetischen Spannung und Energielücke. (Elektrische Ladung Q (Verschiebungsfluß) entspricht magnetischer Fluß $\Theta = B \cdot A$.)

"Supraleiter-Tunnelstrom: Durch Spannung beschleunigte Elektronen können aufgrund des Tunneleffektes durch die Sperrschicht hindurchtunneln wegen der Existenz und Größe einer Energielücke."

- 4.4 FM-M-Feld-Transistoreffekt
M-Verstärkung (Strom, Spannung, Leistung) / Schaltung des FM-M-Transistors (M-Transistoreffekt = magn. Kopplungseffekt)

Verstärkungsfaktoren bei Magnetfeld-Transistoren prognostiziert:

Faktor	Emitterschaltung	Kollektorschaltung	Basisschaltung
Spannung	groß, z.B 200	klein (< 1)	groß, z.B 200
Strom	groß, z.B 200	groß, z.B 200	klein (< 1)
Leistung	sehr groß, z.B 40000	groß, z.B 200	groß, z.B 200

FM-Sperrschicht ist magnetische Basis für

- a) Übergang zwischen parallelen Spin, FKG-Symbol ($\Rightarrow | \Rightarrow$) = Steuerung der Anziehung.
- b) Übergang zwischen antiparallelen Spins, FKG-Symbol: ($\Rightarrow | \Leftarrow$) = Steuerung der Abstoßung.

FM-M-Transistor als Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom U_B verursacht beim FM-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom U_C . Dies nennt man Magnetstrom-Verstärkung. Ein FM-M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (Θ) betrieben werden.

FM-M-Transistor als Schalter

FM-M-Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in der magn. Sättigung (magn. leitend) oder sind gesperrt (magn. nichtleitend = magnetisch transparent).

2. Prinzip Makro-Elektron / magn. Flußquant:

PM = Makro-Spinmoment (makroskopisches Volumen-Magnetfeld hat äquivalent scalierte Ladung bzw. Strom zur Erzeugung des Magnetfeldes = im Festkörper polarisierte Domänen und polarisierte Spinmomente. Im PM: Magnetischer Fluß Φ ist zeitlich konstant und beträgt ein ganzzahliges Vielfaches vom Flußquant Φ_0 .

3. Prinzip Supraleiter:

PM-Oszillationen zwischen den Zuständen $E=0$ und E positiv = Ordnung vs. Unordnung = Gleichgewicht vs. Ungleichgewicht. Entropie S = Richtung von Zustandsänderungen: reversible Prozesse $S = 0$, irreversible Prozesse $S = \text{positiv}$.

4. Prinzip verallgemeinerter M-Feld-Transistor

4.1 FM als Feld-Schalter:

1. Kinematische Sperrschicht vs. Luft/Vakuum oder
2. stationär-aktive dünne Sperrschicht bei Normaltemperatur mit den FM-Typen: a) Para-ferro-FM (Schalten der Austauschwechselwirkung)
 - b) M-Tunneleffekt-FM,
 - c) Bewegung der Spinkopplung (Magnetronen) im FM-M-Feld-Halbleite (M-Feld-Transistoreffekt)

Das Schalten des FM erzeugt eine hochgradig nichtlineare Stoßwellen-Dynamik: kleine Schwankungen in den Eingangsgrößen des Energie-Systems (FM Ein/Aus) haben sehr große Veränderungen der Ausgangsgrößen zu Folge (nichtlineare Solitonen-Abstoßungs-Stoßwelle der PM's).

4.2 ParaFerro-/Ferri-FM: Umschaltung von Para- in Ferro-/Ferrimagnetismus (-Elektrizität) durch Aufhebung der Austauschwechselwirkung (Spinmoment-Kopplung) zwischen den unkompenzierten inneren Elektronenschalen und/oder den Domänen (beim kristallinen Stoff).

4.3 FM-M-Tunneleffekt: Tunneln von magnetischen Flußquanten durch die FM-Sperrschicht aufgrund einer magnetischen Spannung und Energielücke. (Elektrische Ladung Q (Verschiebungsfluß) entspricht magnetischer Fluß $\Theta = B \cdot A$.)

"Supraleiter-Tunnelstrom: Durch Spannung beschleunigte Elektronen können aufgrund des Tunneleffektes durch die Sperrschicht hindurchtunneln wegen der Existenz und Größe einer Energielücke."

4.4 FM-M-Feld-Transistoreffekt

**M-Verstärkung (Strom, Spannung, Leistung) / Schaltung
des FM-M-Transistors (M-Transistoreffekt = magn. Kopplungseffekt)**

Verstärkungsfaktoren bei Magnetfeld-Transistoren prognostiziert:

Faktor	Emitterschaltung	Kollektorschaltung	Basisschaltung
Spannung	groß, z.B 200	klein (< 1)	groß, z.B 200
Strom	groß, z.B 200	groß, z.B. 200	klein (< 1)
Leistung	sehr groß, z.B 40000	groß, z.B 200	groß, z.B 200

FM-Sperrschicht ist magnetische Basis für

- Übergang zwischen parallelen Spin, FKG-Symbol ($\Rightarrow | \Rightarrow$) = Steuerung der Anziehung.
- Übergang zwischen antiparallelen Spins, FKG-Symbol: ($\Rightarrow | \Leftarrow$) = Steuerung der Abstoßung.

FM-M-Transistor als Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom U_B verursacht beim FM-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom U_C . Dies nennt man Magnetstrom-Verstärkung. Ein FM-M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (Θ) betrieben werden.

FM-M-Transistor als Schalter

FM-M-Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in der magn. Sättigung (magn. leitend) oder sind gesperrt (magn. nichtleitend = magnetisch transparent).

5. Prinzip KW-Phasenkopplung:

FM öffnet/schließt dann, wenn die Kurbelwelle in der richtigen Phase ist (bei OT bzw. UT), beachte Resonanzfrequenz.

- Auskopplung der Energie phasengenau durch Umschalten von $E=0$ (Gleichgewicht) auf E positiv (Abstoßung).

6. Prinzip induzierte kohärente Verstärkung:

In FKE Verstärkung durch magnetisch induzierte Emission (Magnetron).

- Auskopplung der Energie auf die Kurbelwelle.

Das System ist phänomenologisch auf Ferro-/Ferrielektrizität und Supraleiter (z.B. Typ3, hat Hyterese)übertragbar.

1.7 Paradigmenwechsel als Ergebnis

Ausgangspunkt war der Supraleiter, magnetischer Kondensator und Transistor. Der FKG ist wegen der FM-Sperrschicht eine transklassische Maschine vom Typ "Supertransistor-Maschine" (die Sperrschicht des Elektronen-Transistors und des Tunneleffektes ist eine Analogie zur Feldquanten-Sperrschicht als Feldmodulator und eine makroskopisch magnetische Analogie zum

Wirkprinzip des Supraleiters, und beim stationären FM nutzt die aktive Sperrschicht z.B. den M-Tunneleffekt und M-Transistoreffekt für die Flußquanten (virtuelle Photonen).

Die Wirkungszusammenhänge, insbesondere der nichtlinearen Kopplungen verschiedener Stoff-Charakteristiken und Austauschwechselwirkung antiparalleler Spins, ermöglichen dieses neue Maschinen-Wirkprinzip.

Der allgemeine Zweck der Erfindung ist erfüllt:

FKM = Fundamental neue Energiequelle & Antriebssystem:

Kein Nachtanken und kein Nachladen der Energie in der Lebenszeit der FKM.

Keine Infrastruktur zur Energieverteilung.

Null Treibhauseffekt und null Elektrosmog.

Feldkraftmaschine vs. Wärmekraftmaschine / Elektromotor/ -generator:

Ein Paradigmenwechsel ohne Verstoß gegen den Ersten und Zweiten

Hauptsatz der Thermodynamik: FKM, die nicht-klassische

feldquanten-dynamische verallgemeinerte "Supertransistor-Maschine".

Aufgabe: Änderung der Eichtheorie

Eine um nichtlineare Wellenformen erweiterte Eichfeld-Theorie soll den Vorgang beschreiben: Feldquanten-Dynamik = longitudinal schwingende magnetostatische oder elektrostatische Vektorpotential-Stoßwellen-Dynamik.

Basis: Feldmodulator-Oszillations-Schwingungen erzeugen anziehend vermittelnd wirkende virtuelle Photonen. Diese wirken als

Austauschwechselwirkung zwischen den antiparallel hochgeordnet polarisierten Elektronen-Spins der PM's (mit ihren oszillierenden Torsions- und Spinwellen) als hochgradig nichtlinearen Stoßwellen (Solitonen) zur Energieauskopplung an die Kurbelwelle. Die Energie entsteht durch oszillierend frei werdende Deformationsenergie zwischen Gleichgewicht-Grundzustand ($E=0$) und Ungleichgewicht-Zustand (Angeregter Zustand = $+E$) und ist durch den FM steuer- und kontrollierbar.

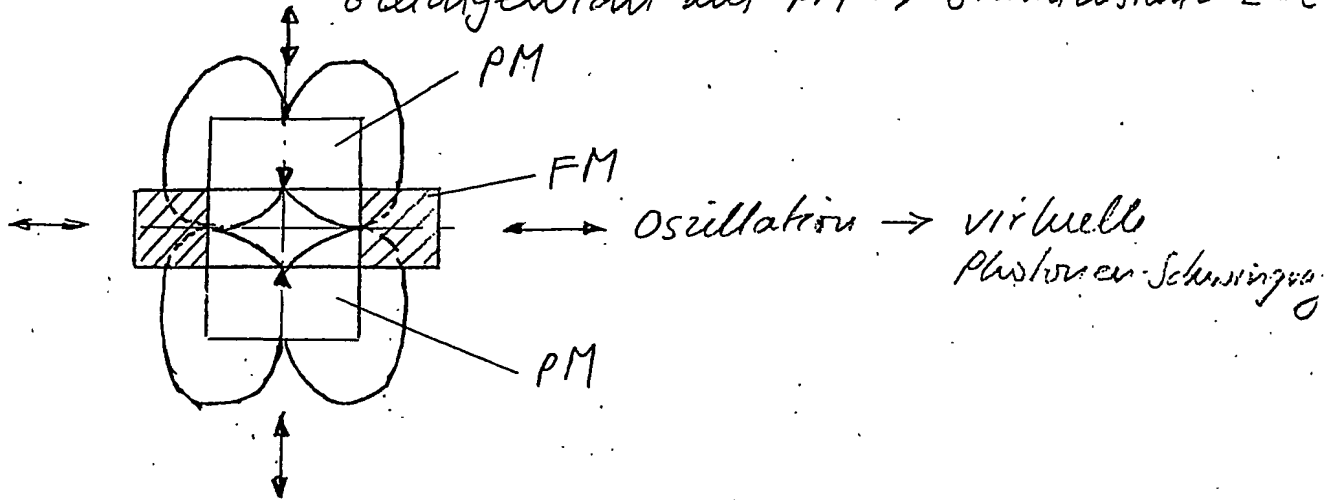
So wird Arbeit und Energie, aus den oszillierenden Zuständen $E=0$ und $E =$ positiv, erzeugt.

Die hochgradig nichtlineare Wellenform der longitudinal Solitonen muß in die Eichtheorie eingebaut werden. Ebenso nichtlineare transversale Torsionswellen Biege-, Scher- und Spinwellen. Spinwellen können auch transversal auftreten: beim Umklappen des Spins in Ausbreitungsrichtung.

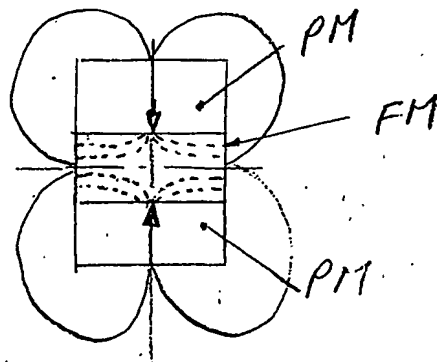
V. Experimentum Crucis

Bild 1: 4 Elemente (\rightarrow Kräfteparallelogramm)

- a) Außen FM: Anziehung vermittelt durch FM \rightarrow
Gleichgewicht mit PM \rightarrow Grundzustand $E=c$



- b) Innen FM: Mit Tunneloffset vs. Gleichgewicht



3 Elemente
(\rightarrow Kräfte dreiecke)
 $PM_1 - FM - PM_2$

2. Experimentum Crucis Fundamental-Experiment

Beschreibung + Zeichnungen

2.1 Beweismaschine

FKG + FKE

(physikalisches Prinzip)

Feldkraft-Generator + Feldkraft-Motor

2.2 Feldkraftmaschine

FKM

(technisches Funktions-Prinzip)

(Energieerzeugung + Drehmoment-Umwandlung)

Feldkraft-Maschine

1. Beweismaschine

FKG + FKE

- physikalisches Prinzip -

1. Zielsetzung

Die Beweismaschine soll das physikalische Grundprinzip der Feldkraftmaschine - Typ Feldkraft-Generator belegen.

Es sind zwei Versuche durchzuführen:

1. Kinematischer Feldmodulator
 - a) innenliegender FM
 - b) außenliegender FM
2. Stationär-aktiver Feldmodulator
 - a) innenliegender FM
 - b) außenliegender FM

2. Konstruktion

Die Permanentmagnete sind über Zahnräder miteinander mechanisch gekoppelt, da sie immer in genauem Abstand zur Symmetrieebene, in der der Gleichgewichts-Zustand eintritt und sich der Feldmodulator befindet, sich befinden müssen - sonst tritt eine einseitige überwiegende Anziehung auf (Asymmetrie wegen labilem Gleichgewicht, sehr nichtlinear).

In dieser Kopplung können die PM symmetrisch oszillieren, wenn der FM "Auf" und "Zu" geschaltet wird.

Die Rückführung der PM in die Gleichgewichtslage wird bei diesem Experiment nicht durch eine bei UT abstoßende Gegenkraft (PM) oder durch eine Kurbelschleife durchgeführt, sondern durch Federkraft, die beim Experiment natürlich mitberücksichtigt wird (das System wird kalibriert).

Der Feldmodulator ist als transversaler Schieber aufgebaut und kann in eine longitudinale Position gedreht werden, wenn man die transversale Kennlinie aufnehmen will.

3. Messung

Gemessen werden:

1. Kalibrierung der Beweismaschine und der Permanentmagnete mit ihren Induktions-Weg-Kennlinien (mit Computer-Modell vergleichen).
Alle Messgeräte und Beweismaschine (ohne Permanentmagnete) sind zu kalibrieren mit Zertifikat.
Die Beweismaschine hat eine Steuerung (siehe Blockschaltbild).
2. Bei Step-zu-Step Betrieb, d.h. Position zu Position in relevanten Abständen (an den Polen kleine longitudinale Abstände in 0,1 mm Schritten bis zum Wendepunkt, dann 0,5 mm, dann 1mm Schritte bis $h=1,5 D$) die Kraft-Weg-Kennlinie jeweils in transversaler Richtung aufnehmen (transversale Schritte in gleichen Abständen).
- 2.1 Vergleich transversaler Kennlinie mit longitudinaler Kennlinie: das Kraft-Weg-Integral gibt uns Auskunft über die Energiedifferenz.

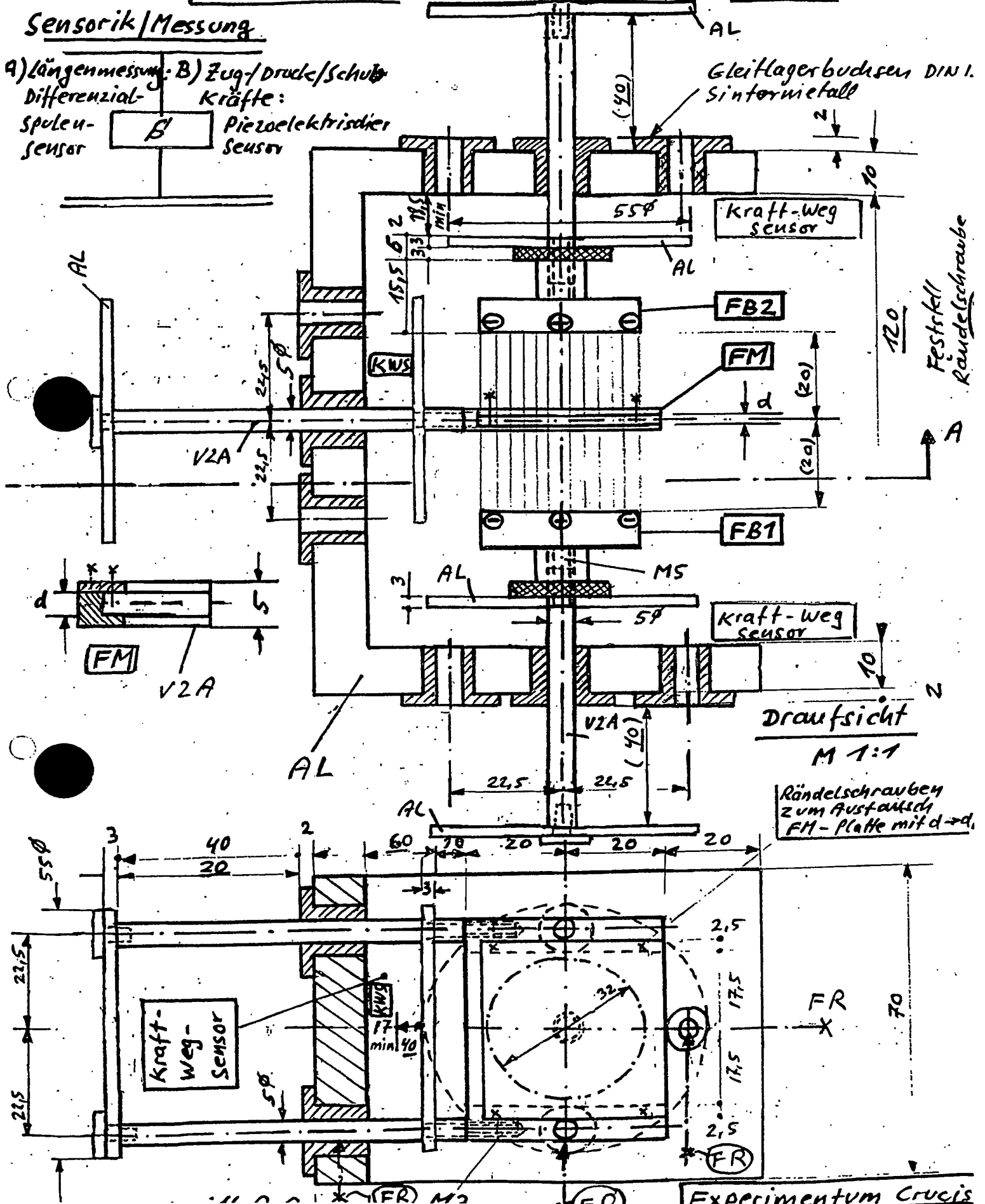
- 3 -

2. Festzustellen und zu dokumentieren ist der Wirkungsgrad, er soll nachgewiesen werden durch die Energiedifferenz.
Energieausgang PM-Oszillation am Verbraucher zu Energieeingang FM-Oszillation = Wirkungsgrad; elektrischer Steueranteil ist zu berücksichtigen, da dieser durch andere Systemkomponenten noch optimiert werden kann.
3. Der Abschlussbericht ist durch einen vereidigten Gutachter zu bestätigen, so daß kein physikalischer und juristischer Zweifel an dem neuen physikalischen Prinzip und der Funktionsweise der FKM besteht und der Veruch durch Dritte verifiziert werden kann.

FM-Meßsystem für Kraft-Weg mit $f(d)$

Sensorik/Messung

- A) Längenmessung: B) Zug/Druck/Schub
Differenzial- Kräfte:
Spulen- Piezoelektrischer
sensor Sensor



2 Führungsstäbe
180° versetzt

MS

AL

M

M

Vacof Wx 48
CoFe 11

AL

1300

Sechskantschraube
M6 x 30 MS

150 4077

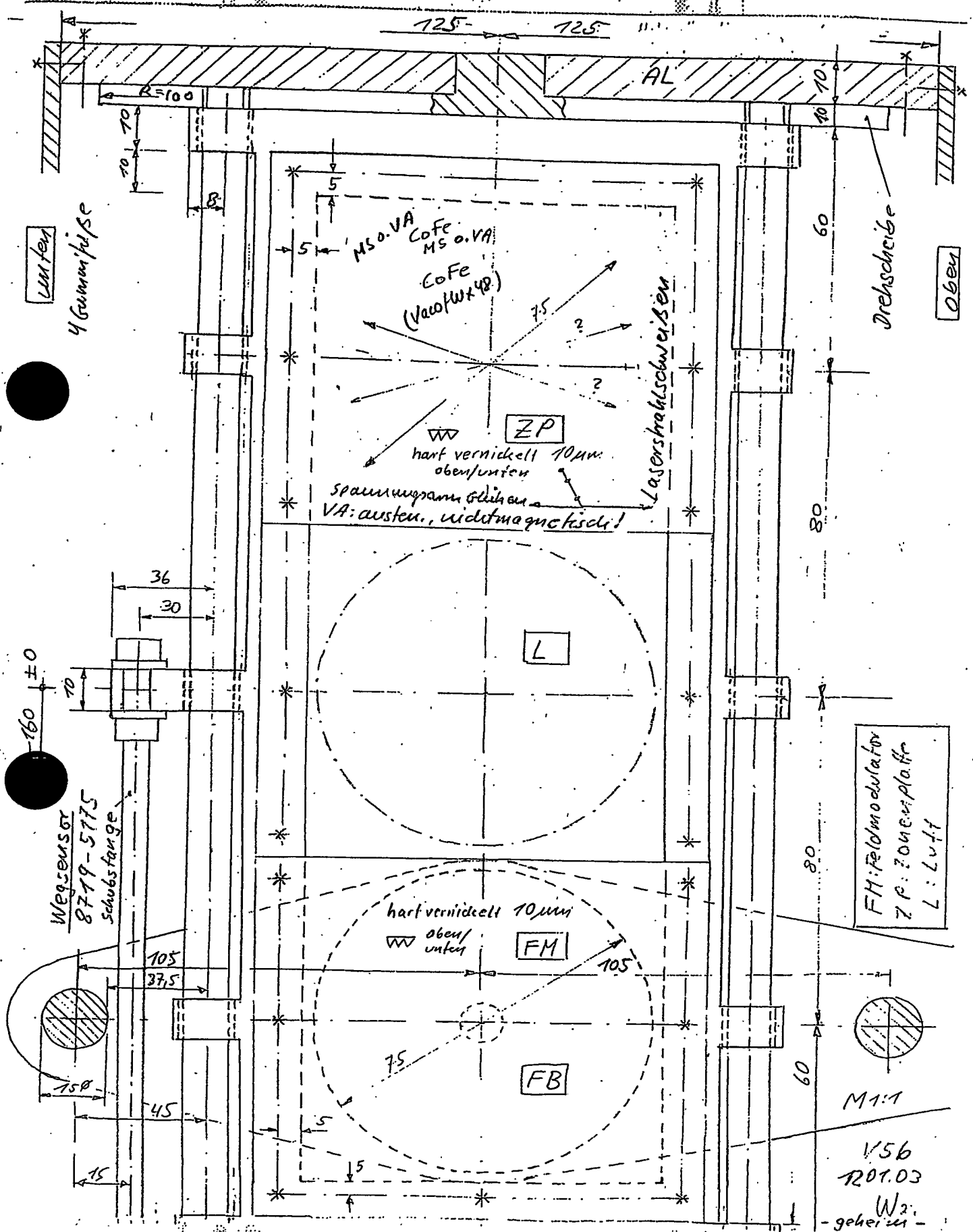
60° versetzt zu Führungsstäbe

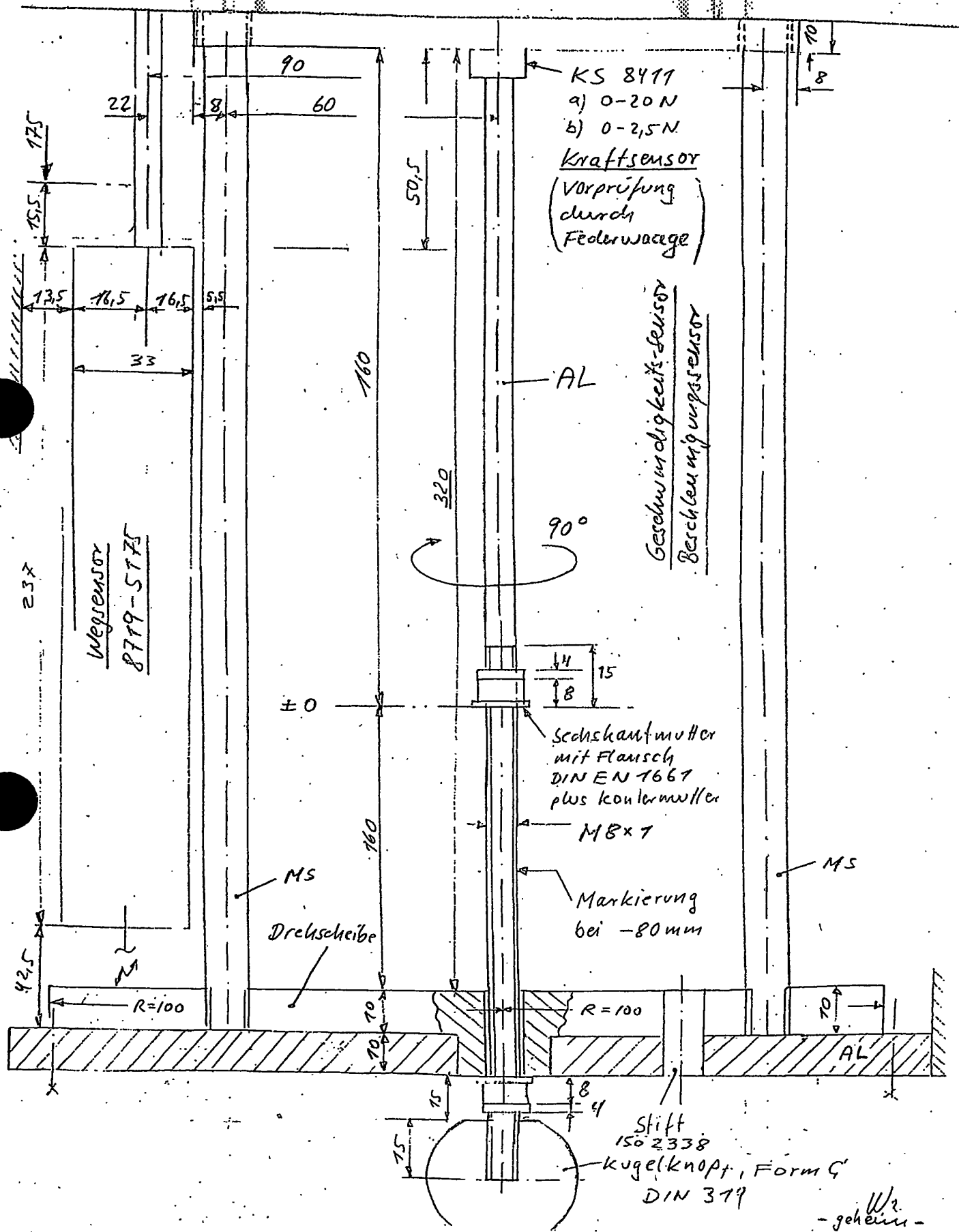
V5a 09.07.03

$$M T = T.$$

21.

5. 25 25





[illegible]

U.

FM-Führung

உயிர் உயிர் உயிர்

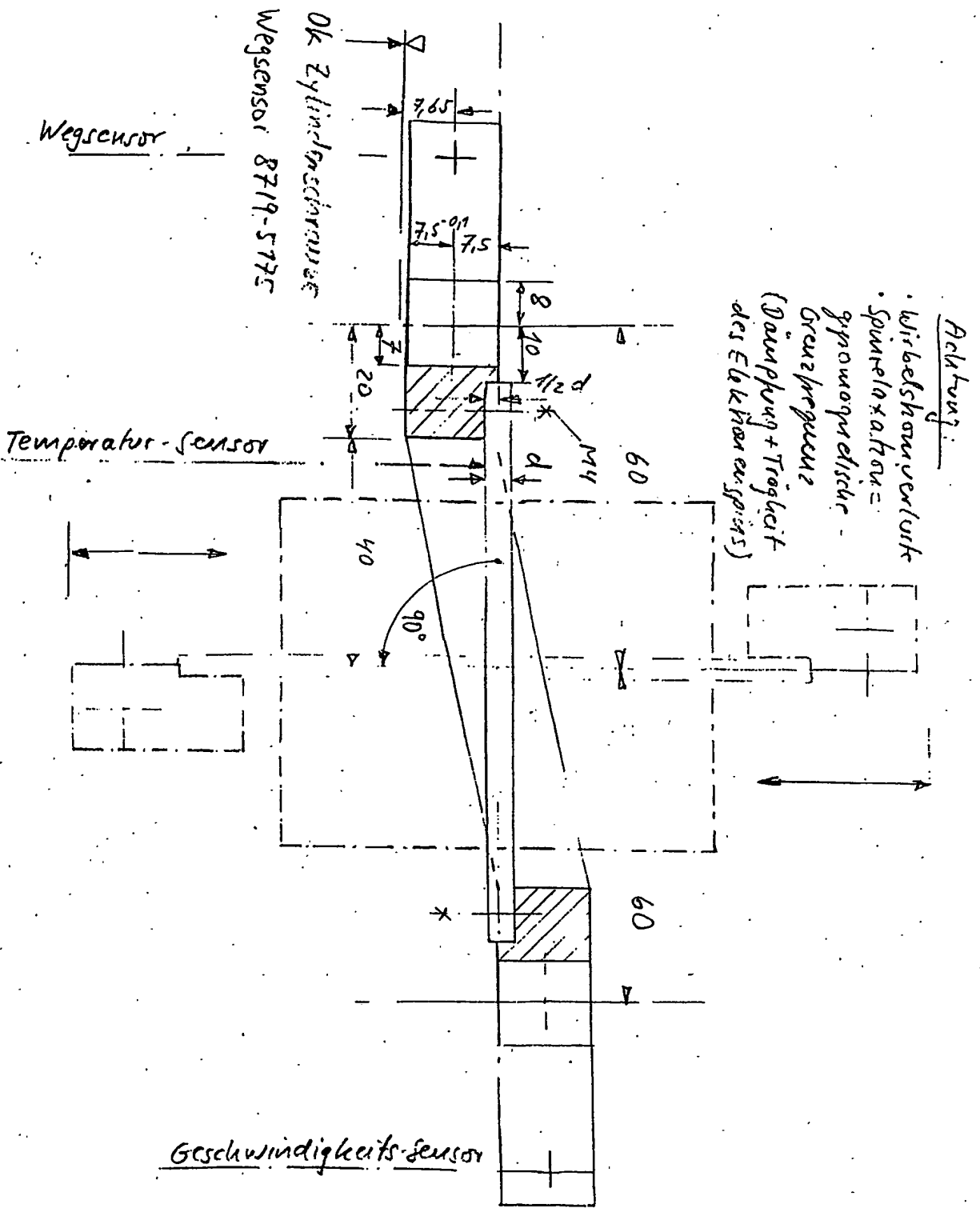
FM-Führung

 $M'(VA)$

25 MAY 10 150704Z

- Max 1 Kreuzgriff zur Klammernutzung

oben



V56
H. Wenz
12.07.03
- geheim -
W

FKM - Fundamentale Experimente

Gesamt - Außenmaße + Hutmutter

Breite FB = 540 x Länge FM = 615 x Höhe H: 750

Sensoren

FB { Kraft 2 x 8411 0-2000 N
Weg 2 x 8710-50

FM { Kraft 1 x 8411 0-20 N
1 x 8411 0-2,5 N
Weg 1 x 8719-5775

Plus Anzeigeplatte 9762 im Tischgehäuse
+ Abgleich der Skala auf Null

Erweiterung

3 x Beschleunigungssensor

2 x

1 x

3 x Federwindigkeitssensor

2 x

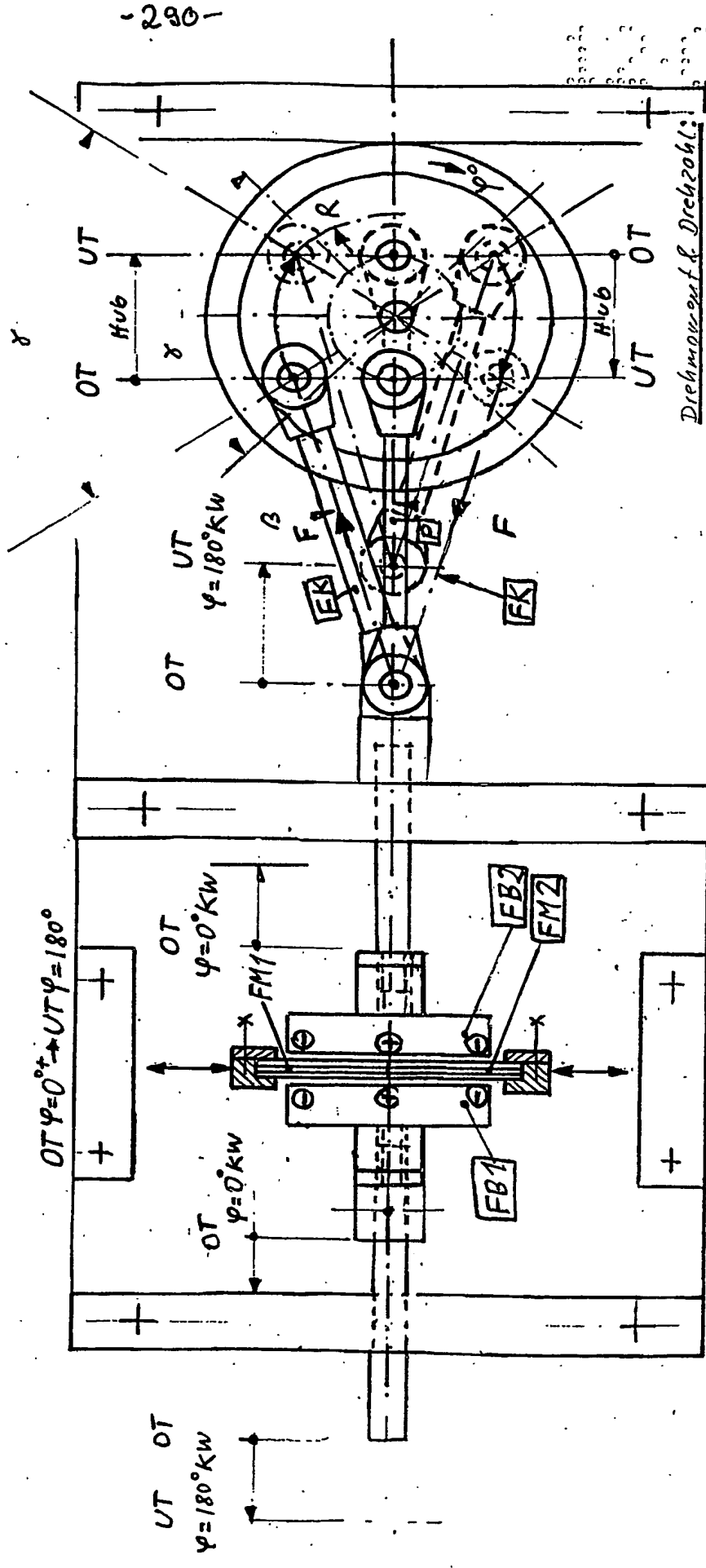
1 x

4 Temperatursensoren 2 FBs, FM, 2 P

2 Magnetfeldsensoren (Hall-Sensor)

1 Drehmoment-Sensor

Linear motor mit Einstellung der Oszillations-



Drehmoment & Drehzahl:
 Bei Hub 20: $\delta = 90^\circ \rightarrow 4 \text{ Takte} \approx 360^\circ$
 ($\delta = 60^\circ \rightarrow 6 \text{ Takte} = 360^\circ$)
 ($\delta = 45^\circ \rightarrow 8 \text{ Takte} = 360^\circ$)
 ($\delta = 30^\circ \rightarrow 12 \text{ Takte} = 360^\circ$)
 Radius $\rightarrow (R) = f(\delta)$

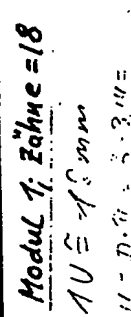
FKM Experimentum Crucis

M 1:1
 Draufsicht

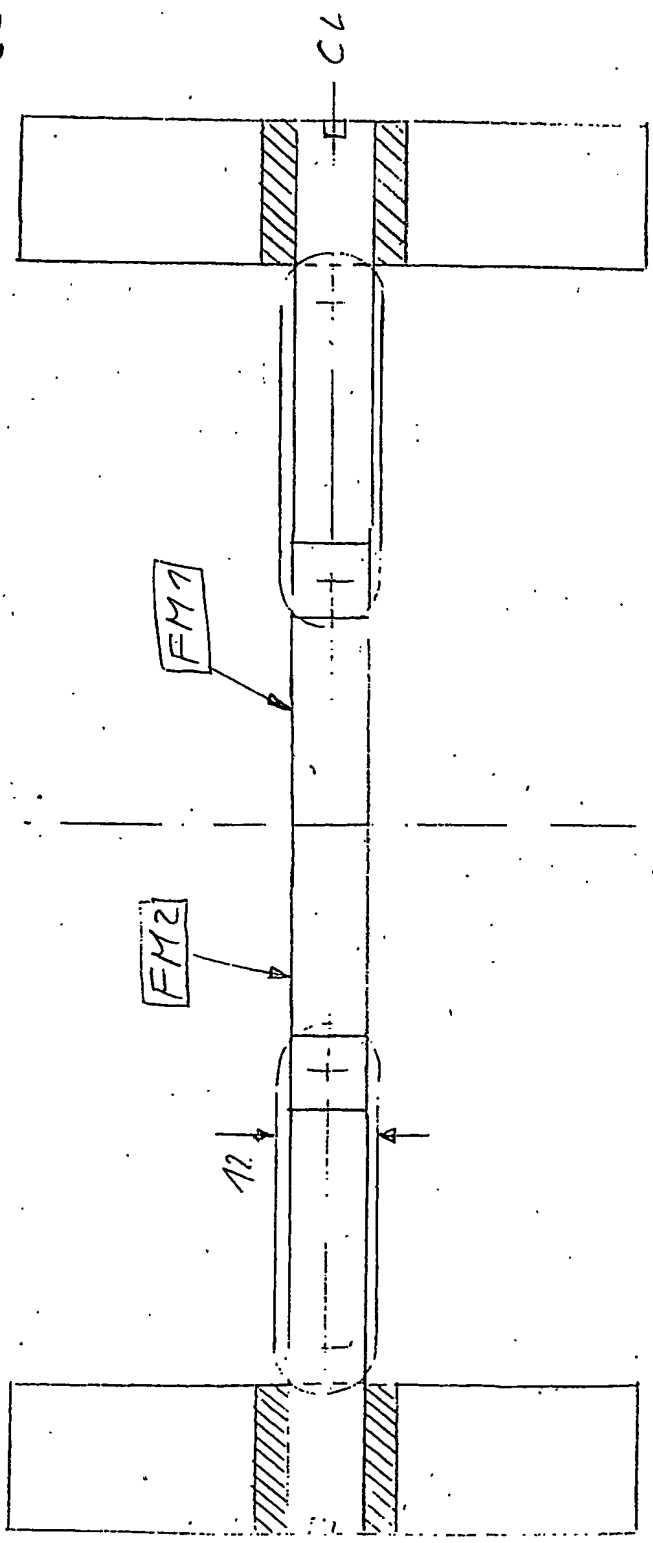
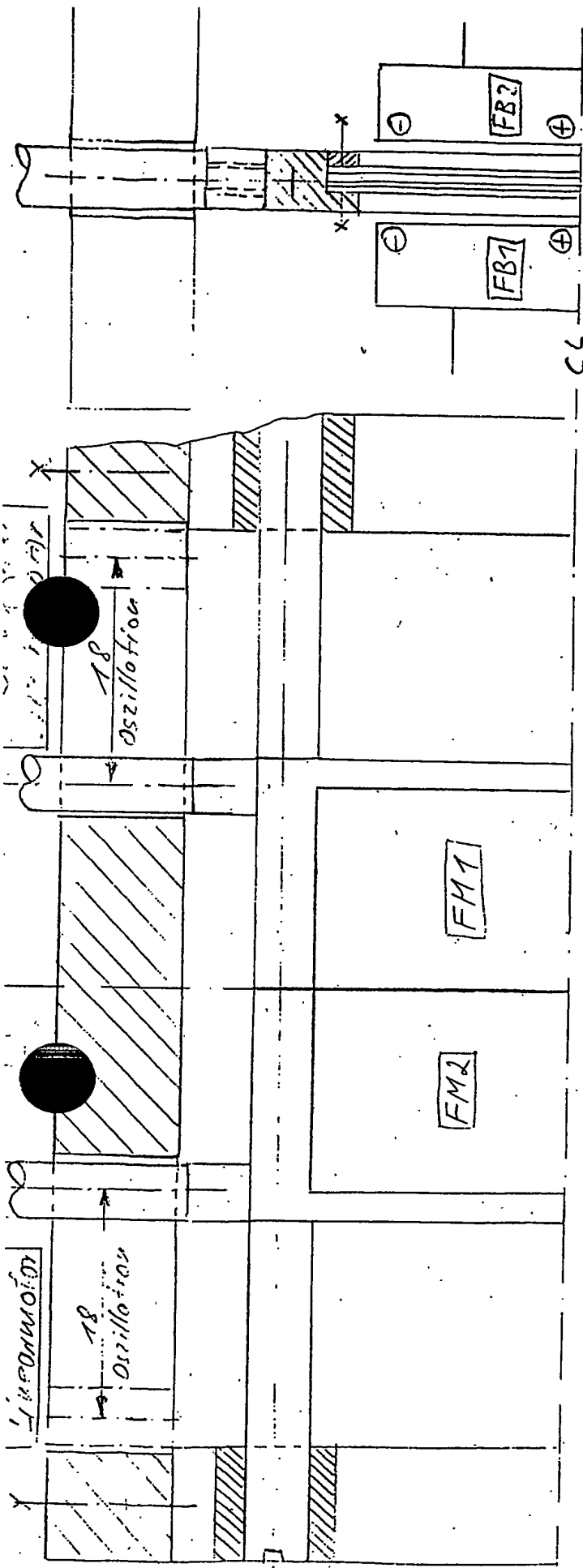
Rev. 6) 01.11.02

H: Wenz, 25.10.02
 Rev. 01 27.10.02

FKM-L2-1/2



4.11.1997 26.10.02 4116u



- 293 -

12-00-00

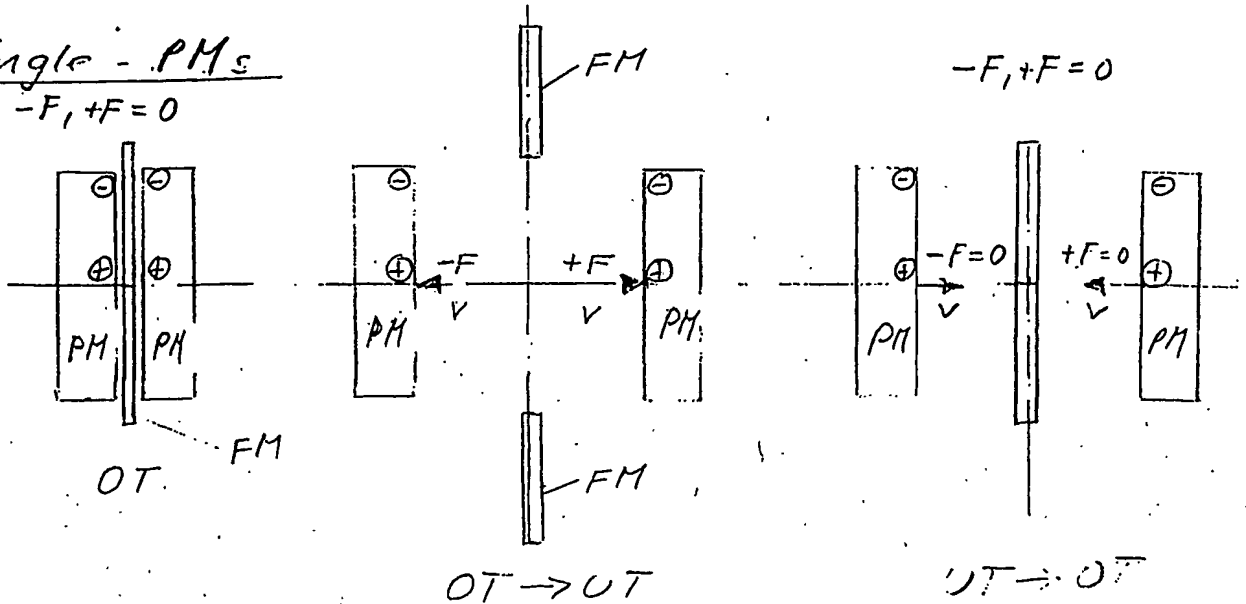
FKM-KS-V3
11/04/2017

Experimentum Crocus
11/11/2017

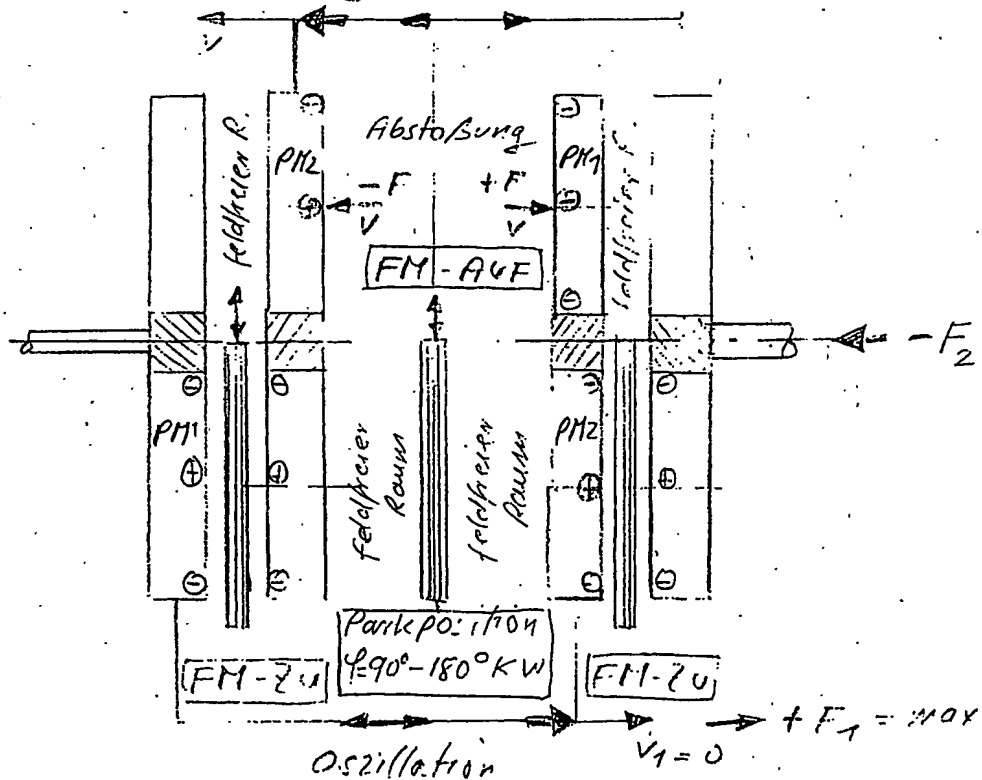
2. Feldbatterie (multiple PM's)

Multiple PM: und Oszillation OT \rightarrow UT / UT \rightarrow OT

1. Single - PMs
 $-F_1, +F = 0$

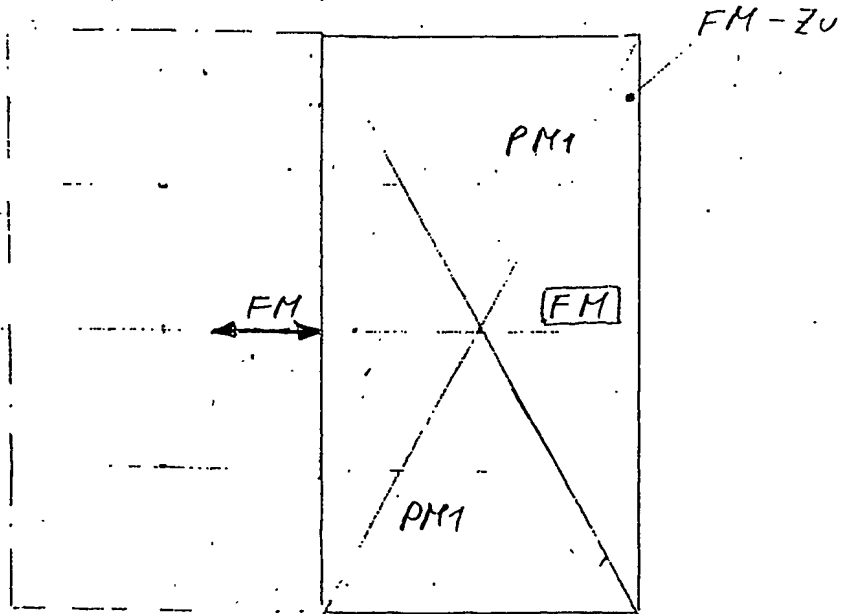
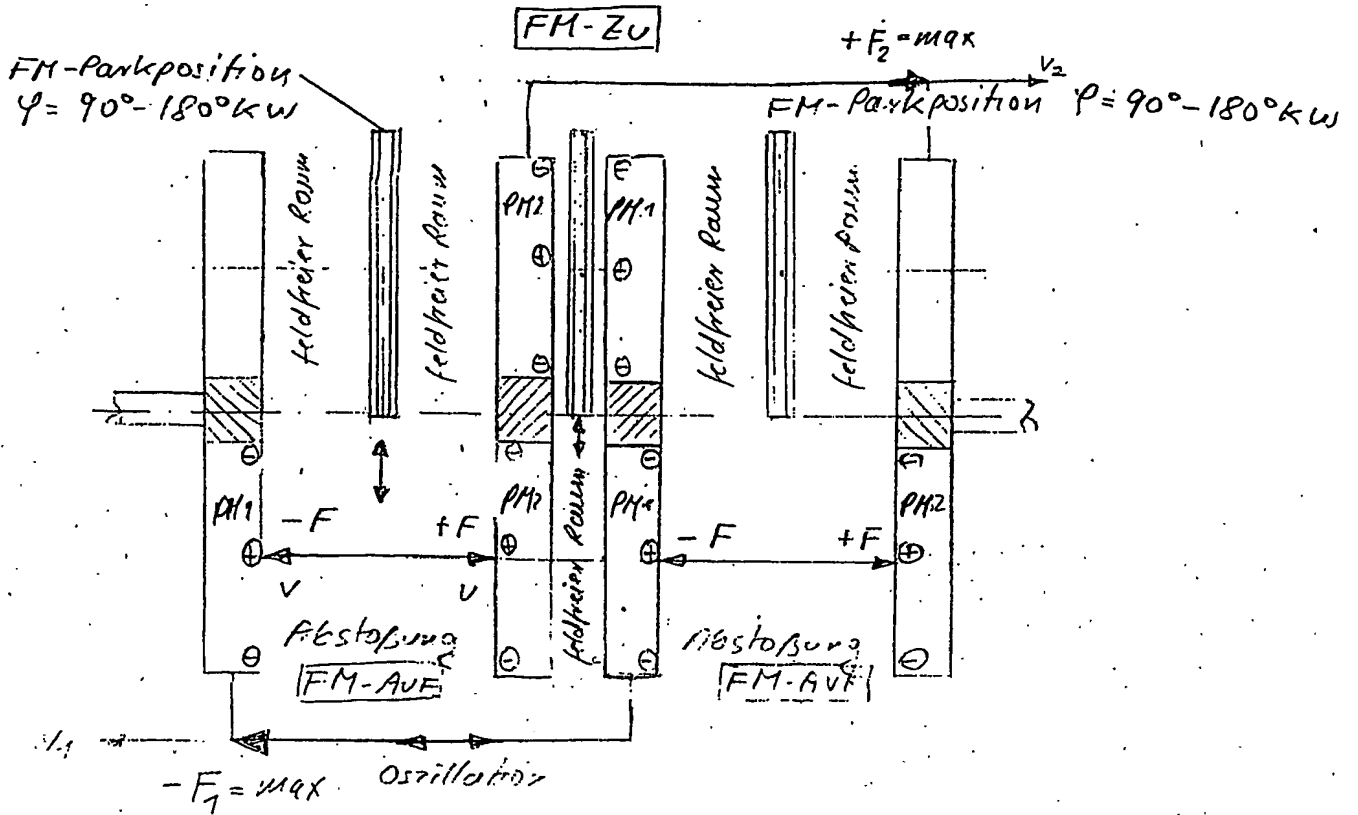


2. Multiple-PMs = Feldbatterie
 $-F_2 = \text{max Oszillation}$



UT-Stellung = Takt 2 bei $P = 180^\circ \text{ KW}$
(Draufsicht)

OT-Stellung = Takt 1 bei $\varphi = 90^\circ$ kW



3. FKM-Steuerung

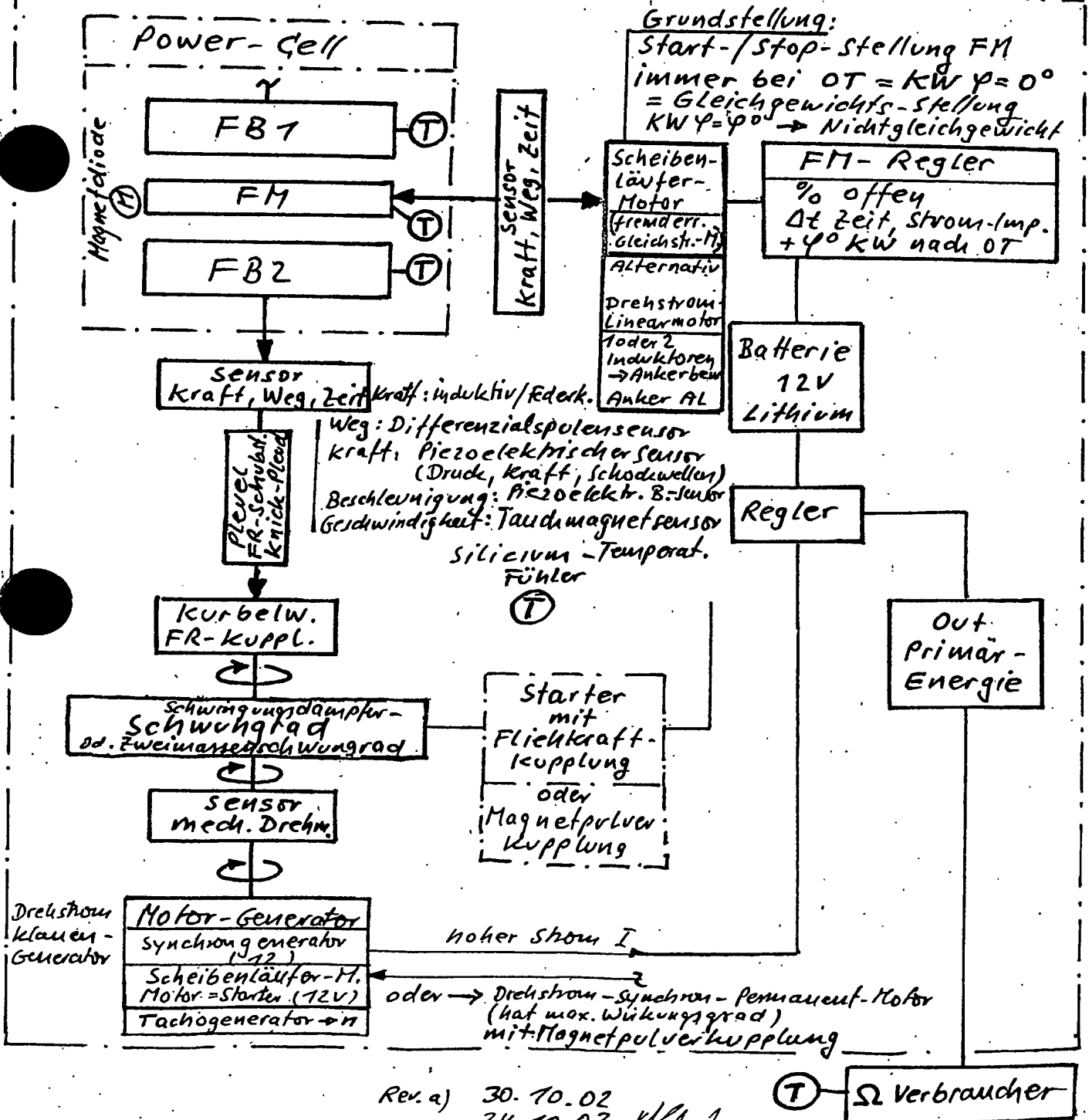
FKM-Steuerung

Blockschaltbild

A1.1, 24.10.02, Prof. Wenz

I. Steuergeräte			II. Meßgeräte		
1.0 Power	2.0 FM	3.0 FKM-LR	1.0 FM-M	2.0 FM-E	3.0 FKM

FKM-Power-Cube



FKM-Steuerung

Prof. H. Wenz

I. Steuerung

1.0 Power

1.1 On/Off Schalter + Lampe

1.2 Sicherung

1.3 Starter

- a) Scheibenläufer-Motor oder
- b) Drehstrom-Synchron-Permanent-Motor mit hoher Polzahl (max. Drehmoment), n_{\max} 15.000 1/min, hat höchsten Wirkungsgrad

1.4 Betriebszeit (t)

Quarzoszillator

1.5 Ladezustand Batterie (V)

Lithium Ion oder Lithium Polymer Batterie

Reglerlampe: Drehstrom Klauenpolgenerator 14V, (bis 1600 W, 120A)

1.6 Kühlung Power-Cube (temperaturgeregelt)

- a) Außenkühlung mit Ventilator oder
- b) Innenkühlung mit Peltier-Element (Strom aus Überschuß der FKM)

2.0 Feldmodulator: FM-Regler für elektr. Ansteuerung

2.1 Auf/Zu

100% = Auf bei OT = KW 0°

0% = Zu bei UT = KW 180°

Regler A1 = % Auf bei/nach OT = KW $0^\circ - \varphi^\circ$

A2 = immer Zu bei UT = KW 180°

2.3 Verschlußzeitpunkt KW φ° nach OT

Regler B = Spät-Verschluß (0° KW bis $+\varphi^\circ$ KW nach OT)

3.0 Leistungsregelung

Wirkungsgrad betreiben.

max.

- 2. Bei Beschleunigung: FKM mit max. Leistung betreiben; wenn Batterie fast entladen, dann umschalten auf Betriebszustand 1.) mit max. Wirkungsgrad zum,

II. Meßgeräte (mit Ausgänge für Vielkanalschreiber/Oszillograph)

1.0 Mechanik Feldmodulator: Kraft, Weg, Zeit

1.1 Feldmodulator (FM)

1.1.1 Position OT für "Auf" bei KW = 0° - φ° nach OT:

Kraft auf FM (N),
Weg (mm, + % Auf) offen,
Zeit (s) (gemäß Impuls)

Sensoren:

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

1.1.2 Position UT für "Zu" bei KW = 180° :

Kraft auf FM (N),
Weg (mm),
Zeit (s)

Sensoren:

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

1.2 Spät-Verstellung, FM-Verschlußzeitpunkt Verstellung FM-Verschluß (KW φ° nach OT)

1.3 Pleuel (P)

1.3.1 Kraft auf FB1-Pleuel (N), Position OT: Abstoßung OT+UT, Weg (mm), Zeit (s),

Sensoren:

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

1.3.2 Kraft auf FB2-Pleuel (N), Position UT: kraftlos UT+OT, Weg (mm), Zeit (s),

Sensoren:

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

2.0 Elektrik Feldmodulator

- 2.1 Eingang-FM (Spulen-Strom I, -Spannung V, -Leistung W)
- 2.2 FM nichtlineare Strom-Impulskurve (I) (für Verschlußgeschwindigkeit)
- 2.3 Magnetfeld: Magnetfeldsensor
- 2.3 Temperatur (T) FM, Silicium-Temperatur-Fühler
- 2.4 Temperatur FB1, FB2, Silicium-Temperatur-Fühler

3.0 Feldkraftmaschine FKM

- 3.1 Drehzahl (n), Tachogenerator
- 3.2 Drehmoment (Nm) ?
- 3.3 mech. Leistung (W) ?
- 3.4 elektrische Daten:
 - 3.4.1 FM-Eingang (I,V,W)
 - 3.4.2 FKM-Ausgang (I,V,W)
 - 3.4.3 Differenz FKM-FM (I,V,W) → Wirkungsgrad
 - 3.4.4 Wirkungsgrad %
- 3.5 Temperatur im Power-Cube, Silicium-Temperatur-Fühler
- 3.6 Option: Kühlung elektrisch mit Peltierelement aus Überschußenergie, statt Ventilator-Belüftung
- 3.7 Temperatur am Widerstand = Verbraucher (Ausgang FKM), Silicium-Temperatur-Fühler

III. Literatur

- 1. Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, Europa Lehrmittel
1, 571): Generatoren, Drehstromgenerator, Klauenpolläufer
1600W, 14V, 120A, beachte Verlustwärme
1, 253): Schwingungsdämpfer für Kurbelwelle
1, 255 Zweimassenschwungrad
- 2. Jörg Hoffmann, Taschenbuch der Messtechnik, A3
2, 233): Messen von Kräften
2, 235): Induktive, kapazitive und DMS-Kraftmessaufnehmer
Prinzip der Kraftmessung mit Federkörper. Aus der Verformung, die über Weg- oder Dehnungsmessaufnehmer erfasst wird, kann die einwirkende Kraft ermittelt werden.
- 3. Vieweg, Handbuch Kraftfahrzeugtechnik
3, 111): Lithium-Batterien
1, 106): Elektroantriebe, umrichter gespeister Asynchronmotor
3, 107): Drehstrommotor: Synchron-Permanentmotor mit hoher Polzahl und höchstem Wirkungsgrad, n_{max} 15.000 1/min
3, 133): Kurbeltrieb, Pleuelstangenverhältnis
3, 180-181): Hubkolbentrieb mit variabler Verdichtung (Hub)

VI. Glossar

I. Supraleiter

Cooper-Paar-Transport ("gebundene" Leitungselektronen)

Zitat (3-537):

"Supraleiter BCS-Theorie: Die Theorie baut auf der Beobachtung auf, daß die Schwingungen des Kristallgitters, denen man formal Energiequanten, genannt Phononen, zuordnen kann, einen starken Einfluß auf die Sprungtemperatur haben. ... Das deutet auf den Einfluß schwingender Einfluß schwingender Massen hin und schließt elektrische oder magnetische Wechselwirkung aus. Die Theorie hat gezeigt, daß die quantenhaften Gitterschwingungen, also die Phononen, eine anziehende Wechselwirkung zwischen den Leitungselektronen vermitteln, die entgegengesetzte Spins und Impulse haben, aber nicht örtlich eng beieinander sein müssen (mittlere Abstände bei $0,1\text{-}1\mu\text{m}$).

Elektronen, die durch die Wechselwirkung mit den Phononen zu sogenannten Cooper-Paaren "gebunden" sind, gehorchen der Bose-Einstein-Statistik, für die das Pauli-Prinzip nicht gilt, so daß eine unbegrenzte Zahl solcher Paare in den Grundzustand ($E=0$) gelangen und trotzdem am Ladungstransport teilnehmen kann. Im Grundzustand transportieren die Elektronen keine Entropie; sie interferieren nicht mit den Phononen oder Kristalldefekten. Daher sind bei Supraleitern die elektrischen Widerstände und die Thermokraft null.

Die BCS-Theorie zeigt, daß dieser Grundzustand vom "normalen" ersten angeregten Zustand durch eine Energielücke, eine verbotene Zone (gap) getrennt ist. Die Supraleitung ist ein makroskopisches Quantenphänomen."

II. Magnetische Struktur, Magnetisierung, Abschirmung

Sätze als Zitate aus (2), Struktur durch Autor.

1. Magnet-Struktur, hierarchisch geordnet:
Ordnungs-Nr. - magnetische "Elemente"

0. Festkörper

0.A. Polykristalline Legierungen

- a) Keime, Körner, Großwinkelkorngrenzen, Korngrenzenmasse aus nicht in das Gitter eingebauten Verunreinigungen
- b) Gefüge (Verband der Körner)

Struktur:

Körpermodifikation durch Anisotropien (A):

- a) kristallographische A. (Kristalltextur),
- b) magnetfeldinduzierte A.
- c) spannungsinduzierte A.

Oberflächenmodifikation:

Verkleinerung der Oberflächenrauigkeit, Verkleinerung Weisscher Bezirke, gezielt Oberflächendefekte zur Domänenverfeinerung.

1. Weiss-Bezirke

Weiss-Bezirke (spontan magnetisierte Makros = Domänen), getrennt durch Blochwände an den Korngrenzen.

- Spontane Magnetisierung in Weisschen Bezirken:

Bereich mit einem endlich magnetischen Moment = "magnetisiert", magnetisches Moment je Volumeneinheit = Maß für die Stärke der "Magnetisierung bzw. Polarisation. Weisscher Bezirk allein durch Kopplungskräfte magnetisiert, ohne Mitwirkung eines äußeren Magnetfeldes = "spontane" Magnetisierung.

- Blochwände: Wandverschiebungen, Drehprozesse (große Feldstärke), beachte Gleichgewicht zwischen benachbarten Bezirken.

Im Bereich der Wand inhomogenes magnetische Streufeld greift aus dem Ferromagnetikum in den Außenraum [3-826].

Blochwände (Übergangsschicht) haben eigene Gesetzmäßigkeit.

In ihr verläuft die Orientierung der Atommagnete schraubenförmig aus der Richtung des einen Bezirks in die des anderen; die Wand hat einen gewissen Energiegehalt.

Es sind nur bestimmte Vorzugsrichtungen möglich, somit können nur Wände mit bestimmten Winkeln zwischen den beiderseitigen Magnetisierungsrichtungen auftreten.

Bei dünnen metallischen Schichten gibt es auch andere Wandstrukturen.

- Anisotropie ist verantwortlich dafür, daß die spontane Magnetisierung bestimmte kristallographische Richtungen in ferromagnetischen Kristallen bevorzugt [3-832].

Uniaxiale Anisotropien K_{11} = Vorzugsrichtung für die

Magnetisierung, einstellbar durch Wärmebehandlung.
Vorzugsrichtung spontaner Magnetisierung auch durch mechanische Spannungen.

2. **Einkristalle (Kristallite, Körner)**

Innerhalb der Weiss-Bezirke sind Einkristalle (Kristallite, Körner) mit unterschiedlicher Orientierung ihrer Kristallachsen angeordnet. Sie sind längs der Korngrenzen fest miteinander verbunden.
- Blochwände: Kristallite sind ebenso durch Blochwände getrennt [3-832].

3. **Raumgitter**

Raumgitter: In jedem Kristallit sind die Atome in Raumgitter über größere Bereiche regelmäßig angeordnet; in den einzelnen Kristalliten ist das Raumgitter verschieden orientiert.
In den Gitterpunkte sind die Atome angeordnet.

4. **Atome**

Atome: In jedem Gitterpunkt sitzen Atome mit Elementarmagneten, die durch Austauschwechselwirkung miteinander gekoppelt sind.
Erst ab 6 Atomlagen Ferromagnetismus, Atome sind paramagnetisch.

5. **Elektronenschalen**

Unkompensierte innere Elektronenschalen: Bohrsche-Magnetonen pro Atom. Magnetisierung durch Austauschwechselwirkung über unkompensierte innere Elektronenschalen benachbarter Atome.

6. **Elektronen**

Elektronen (Elementarladung) mit magn. Moment und Spin

0.B. **Amorphe Legierungen (ohne Kristallanisotropien)**

Körpermodifikation durch Anisotropien (A):

- a) *kristallographische A. (Kristalltextur) entfällt, da amorph*
- b) *magnetfeldinduzierte A.*
- c) *spannungsinduzierte A.*

Oberflächenmodifikation

1. **Weiss-Bezirke**

Weissche Bezirke: magnetische inhomogene / homogene (nach Temperung) Bezirksstrukturen ohne Kristallite.

- Blochwände: nur Drehprozesse, beachte Gleichgewicht zwischen benachbarten Bezirken.
- Uniaxiale Anisotropien K_{11} = Vorzugsrichtungen für die Magnetisierung, einstellbar durch Wärmebehandlung.
- Vorzugsrichtung spontaner Magnetisierung auch durch mechanische Spannungen.

2. **Einkristall entfällt, da amorph**

3. **Raumgitter entfällt, da amorph**

4. **Atome**

Atom-Ordnung nur im Nahbereich: Metallatome weitgehend in dichter Kugelpackung angeordnet.

- Beträchtlicher Anteil von unmagnetischen Metalloiden zur leichteren Bildung der amorphen Struktur (es erniedrigt sich die mittlere Magnetonenzahl, Sättigungspolarisation niedriger als bei kristallinen Legierungen).

5. **Elektronenschalen**

Unkompensierte innere Elektronenschalen: Bohrsche-Magnetonen pro Atom. Magnetisierung durch Austauschwechselwirkung über unkompensierte innere Elektronenschalen benachbarter Atome.

6. **Elektronen**

Elektronen (Elementarladung) mit magn. Moment und Spin

2. **Magnetisierung**

- Bei freien Leitungselektronen stellen sich die Spins antiparallel: sie tragen deshalb zu den magnetischen Momenten nichts bei.
- In ferromagnetischen Metallen sind bei den Einzelatomen manche magnetischen Momente der Elektronen unkompensiert = lokale Elementarmagnete: Bohrsches Magneton
- Wenn die Elementarmagnete nicht gekoppelt sind, so wechseln sie dauernd ihre Richtungen solange kein äußeres Magnetfeld vorhanden ist, genau so wie bei Atomen und deren durch Temperatur bedingte thermische Schwingungen.
- Elementarmagnete sind untereinander gekoppelt durch Kopplungskräfte / Austauschkräfte, Atommagnete stellen sich parallel (Ferromagnetismus): es addieren sich die magnetischen Momente
- Austauschkräfte: Überlappung der Elektronenbahnen und damit verbundener Austausch von Elektronen unter benachbarten Atomen.
- Stellen sich die Atommagnete nicht paarweise parallel, sondern antiparallel, so haben wir Antiferromagnetismus.
- In erster Linie bewirkt das Spinnmoment der Elektronen die Magnetisierung; die wirksamen Elektronen pro Atom = Bohrsche Magnetonenzahl. Bohrsche Magnetonenzahl bestimmt die Sättigungspolarisation.
- Sättigung hängt von der Stärke des magnetischen Momentes der beteiligten Atome und Zahl dieser Momente je Volumeneinheit und von Temperatur, die der Ausrichtung der Momente entgegenwirkt, ab.
- Höchste Sättigungspolarisation am absoluten Nullpunkt, am Curiepunkt verschwindet sie.
- Bethe-Slater-Kurve. Austauschwechselwirkung in Abhängigkeit vom relativen Atomabstand (Verhältnis vom Atomabstand der benachbarten Atome zum

Durchmesser der nicht abgeschlossenen Elektronenschale. Für ein bestimmtes Größenbereich orientieren sich die benachbarten Spins parallel, das Austauschintegral ist positiv, das Metall ferromagnetisch. Dieses Prinzip gilt für kristalline (Atome streng periodisch geordnet) und amorphe (Atome regellos verteilt) Stoffe. Ferromagnetismus ist nur eine Frage der Kopplung benachbarter Spins, maßgebend sind Größe und Vorzeichen der Austauschwechselwirkung.

- Magnetisierung M ist die vektorielle Summe der magnetischen Momente der Atome, bezogen auf die Volumeneinheit; Magnetisierung bezeichnet den Zustand des Materials.

3. Elementarprozesse der Magnetisierung

3.1 Kristalline Metalle

- Wandverschiebungen

Wenn man einen Festkörper mit Struktur von Weisschen Bezirken und Blochwänden in ein magnetisches Feld bringt, dann kommt die ganze Blochwandstruktur in Bewegung.

Die Blochwände verschieben sich erst langsam, bei zunehmender Stärke des Magnetfeldes in großen Sprüngen.

Die Weisschen Bezirke, in denen die spontane Magnetisierung schon zufällig ungefähr in Richtung der magnetischen Feldlinien liegt, wachsen durch Wandverschiebungen auf Kosten der übrigen Bezirke.

Im ganzen Körper stellen sich so die magnetischen Momente nach und nach in eine Vorzugsrichtung ein, die etwa der Feldrichtung entspricht. Dabei wächst die Magnetisierung, die der auf die Volumeneinheit bezogene Mittelwert aller magnetischen Momente ist, von ihrem Anfangswert Null ausgehend mehr und mehr an.

- Drehprozesse

Bei weichmagnetischen Metallen sind im allgemeinen die Wandverschiebungen im ganzen Volumen abgelaufen, bevor die spontane Magnetisierung eines Weisschen Bezirks durch einen Drehprozeß in Feldrichtung eindrehen bzw. umklappen kann. Bei weiterer Erhöhung der Feldstärke erfolgt die endgültige Ausrichtung in Feldrichtung durch Drehprozesse.

3.2 Amorphe Metalle

Amorphe Metalle haben keine Anisotropiekonstanten, deshalb haben Drehprozesse bei kleinen Feldstärken eine große Bedeutung

3.3 Barkhausen-Sprünge

Die Blochwandverschiebungen nennt man "Barkhausen-Sprünge". Sie sind die Ursache für die ferromagnetische Hysterese und das Barkhausen-Geräusch.

6. Hartmagnetische Stoffe

6.1 Magnetisierungsprozess

Wandverschiebungen und Drehprozesse müssen schwer und gehemmt ablaufen - entgegengesetzt wie bei weichmagnetischen Stoffen - dies bedeutet die Erhöhung der magnetischen Härte und damit der Koerzitivfeldstärke.

Entmagnetisierungs- und Ummagnetisierungsprozesse sowie Bildung von ummagnetisierten Bereichen (Keime) verhindern/sehr erschweren.

Entstehung von Blochwänden ganz verhindern (Matrix magnetischer Ausscheidungen erzeugen, die so klein sind, daß sie Einbereichsstellen darstellen, die aus energetischen Gründen keine Blochwände enthalten können).

Hohe Kristallanisotropie und Formanisotropie (Stäbchenbildung oder Phasen).

Hartmagnetische Stoffe haben Permeabilität $\mu \approx 1$.

6.2 Form der Entmagnetisierungskurve

Da sich ein Dauermagnet nach seiner Aufmagnetisierung im eigenen entmagnetisierenden Feld befindet, wählt man die Geometrie des Magneten bzw. des magnetischen Kreises so, daß der Arbeitspunkt A auf der Entmagnetisierungskurve dem maximalen Güteprodukt $(BH)_{\max}$ entspricht. Nur so wird der Materialaufwand zum Erzeugen eines bestimmten magnetischen Außenfeldes auf ein Minimum reduziert.

Verhältnis der Güteprodukte bzw. Energiedichte: Man beachte den enormen Unterschied der Volumina, der weit größer ist als es dem Verhältnis der Güteprodukte bzw. Energiedichte entspricht, sowie die unterschiedliche Geometrie der Magnete.

W: Einführung $-(BH)_{\max}$ für weichmagnetische Stoffe, sie haben negatives Energieprodukt, weil sie angezogen werden, vgl. Permeabilität-Induktion-Kurve.

6.3 Impulsmagnetisierung Schaltverhalten

Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung: anstelle von H bei Wechselmagnetisierung Feldstärkehub ΔH , anstelle B der Induktionshub ΔB . Impulsmagnetisieren ist in bezug auf die Zeit stark unsymmetrischer Grenzfall einer Mischmagnetisierung. Der Übergang von einem Mischmagnetisierungszustand in den zweiten erfolgt in der einen Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne = Impulsdauer.

Sonderfall der Impulsmagnetisierung: bei unipolarer Magnetisierung fließt der Magnetisierungsstrom nur in eine Richtung.

Startfeldstärke: erforderlich, um Ummagnetisierung auszulösen.

Impulsdrähte

Ummagnetisierung erfolgt im wesentlichen durch einen einzigen Sprung, der einen relativ hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.

٧٤

Frequenzabhängigkeit

Die Grenzfrequenz ist nach der Wirbelstromtheorie und Theorie der Stromverdrängung diejenige Frequenz, bei der in der Blechmitte das äußere Feld gerade auf den e -ten Teil abgesunken ist.

Im Gegensatz zu periodischen Vorgängen für die die Grenzfrequenz eingeführt wurde, wird bei der Berechnung von wirbelstrombedingten Ein- und Ausschaltvorgängen die Wirbelstrom-Zeitkonstante benutzt: wie schnell dringt nach Anlegen des Feldes die Induktion bzw. der Fluß (konstante Permeabilität vorausgesetzt) in das Blech ein.

Tiefenabhängigkeit der Permeabilität, sie ist nicht über den ganzen Querschnitt konstant, sondern fällt meist nach der Oberfläche hin ab.

Beachte Übergang vom Wirbelstromverhalten zur gyromagnetischen Grenzfrequenz.

Spinresonanz, ferromagnetische Resonanz

Wenn die Frequenz des äußeren Wechselfeldes mit der Präzessionsfrequenz der Spins übereinstimmt, tritt "Spinresonanz" ein. Die Verluste steigen dann durch Energieabsorption stark an. Bei Überlagerung durch ein starkes äußeres Gleichfeld wird die Resonanz sehr scharf: ferromagnetische Resonanz.

Blechdicke

Die beim Magnetisieren mit Wechselfeldern auftretenden Wirbelströme bewirken eine Erniedrigung der nach außen hin wirksamen Permeabilität und eine Zunahme des Verlustwinkels mit steigender Frequenz.

Bei gegebenem spez. elekt. Widerstand, hohe Permeabilität bei höheren Frequenzen, Blechdicke folgt die Grenzfrequenz; umgekehrt: aus Grenzfrequenz, Permeabilität folgt die notwendige Blechdicke!

Da die Banddicke quadratisch eingeht, ist der Übergang auf dünnes Band ein besonders wirksamer Weg zur Erhöhung der Grenzfrequenz.

Kleine Wirbelstromverluste werden ebenso wie hohe Grenzfrequenz durch geringe Banddicke und hohen spez. elekt. Widerstand erzielt.

Form der Hystereseschleife

Niedrige Hysterese- / Ummagnetisierungsverluste mit Werkstoffen kleiner Koerzitivfeldstärke.

Dünne Schichten

Dünne weichmagnetische Schichten:

- bei 30- μm Band: Permeabilitätsabfall wirbelstrombedingt
- bei 3- μm Band durch Spinrelaxation bestimmt

Unterscheidungsfaktor 4 durch Verhältnis der Sättigungsinduktion.

Hohe Grenzfrequenz durch geringe Schichtdicke und durch Formanisotropie des Bandes, die mit der geringen Schichtdicke zusammenhängt, bedingt.

Dünne hartmagnetische Schichten:

a) Rein induktive Magnetisierung

Kristallorientierte CoCr Schichten, bei denen die hexagonale Kristallachse als magnetische Vorzugsachse senkrecht zur Schichtebene angeordnet ist.

Elementarbereiche haben säulenförmige Struktur (Ummagnetisierung durch kohärente oder inkohärente Drehung).

b) Thermo-magnetisches Verfahren

Lokale Erwärmung auf Temperaturen in der Nähe der Curietemperatur (Kompensationstemperatur) mit einem Laserstrahl, lokale Ummagnetisierung unter Wirkung eines konstanten vormagnetisierenden Feldes und auf "Einfrieren" der Magnetisierungsrichtung beim Abkühlprozeß.

Werkstoffe: seltene Erden Tb-Fe, Gd-Fe und Gd-Co oder Gd-Tb-Fe und Gd-Tb-Co mit relativ niedrigen Curie- bzw. Kompensationstemperaturen, hohen optischen Drehwinkel, Magnetisierung senkrecht zur Oberfläche.

Einfluß von Eigenresonanz

Eigenresonanzfrequenz aufgrund der Geometrie: Resonanzeffekte mit erhöhten Ummagnetisierungsverlusten.

Frequenzeinfluß auf Hystereseschleife

Die Form der Hystereseschleife hängt sehr davon ab, wie schnell der Ummagnetisierungsvorgang abläuft. Mit zunehmender Geschwindigkeit wird die Schleife breiter: das Material wirkt mit steigender Frequenz zunehmend magnetisch härter.

7.3 Curie-Temperatur

Induktion-Temperatur-Kurve

Bei T_C verschwindet Ferromagnetismus. Ursache: mit zunehmender thermischer Bewegung der Atome, die die Spinkopplung aufhebt.

Während die Temperaturabhängigkeit der Sättigungspolarisation J_s einer relativ universellen Funktion folgt, zeigt die Anfangspermeabilität μ_i einen ganz anderen und zudem stark werkstoffabhängigen Verlauf.

Werkstoffe: VAC Thermoflux, Heusler Legierung, etc.

7.4 Anisotropien

Anisotropien bestimmen in starkem Maße die weichmagnetischen Eigenschaften. Durch Anisotropien können Eigenschaften gezielt eingestellt werden, z.B. Form der Hystereseschleife.

Kristallanisotropie

Kristallanisotropie kommt von der Orientierungsabhängigkeit der Polarisation in bezug auf die Kristallachsen

Die resultierende Magnetisierungskurve hängt davon ab, wie die Vorzugsrichtung der vielen Kristalle verteilt sind (statistisch über alle Winkel: kristallographisch isotop; Häufigkeit in bestimmten Winkeln: kristallographisch anisotrop, Material hat kristallographische = magnetische Textur).

Zwei Fälle der Textur: Großtextur und Würfelftextur.

Ideallagen für kubische Elementarzelle für beide Texturen:

Stets liegt in Walzrichtung eine Würfelfkante des Kristallgitters, die zugleich die eine magnetische Vorzugsrichtung ist. Bei der Würfelftextur liegt außerdem quer zum Band eine Würfelfkante, nicht aber bei der Großtextur. Materialien mit solchen Texturen haben beim Magnetisieren in den Vorzugsrichtungen rechteckförmigen Hystereseschleifen, weil nahezu die gesamte Magnetisierung durch Wandverschiebung erfolgen kann und keine Drehprozesse beteiligt werden. Ebenso ist eine hohe Remanenz vorhanden.

Magnetfeldinduzierte Anisotropie

Kristalline Legierungen:

Magnetfeldinduzierte uniaxiale Anisotropien K_u : Erzeugung bestimmter Vorzugsrichtungen / Formen der Hystereseschleife.

Atomgitter, die von verschiedenen Atomsorten besetzt sind, können bestimmte Vorzugsrichtungen ausbilden, indem sich Paare bzw. Ketten aus gleichen Atomen in einer bestimmten Richtung bevorzugt anordnen. Ein Weg zur

Einstellung solcher Anisotropien ist die Magnetfeldglühung mit drei Möglichkeiten der Ordnung: statistisch, geordnet, richtungsgeordnet. Einstellung von K_u ist atomarer Ordnungsvorgang (gerichtete Nahordnung)

Amorphe Legierungen:

Richtungsordnung im Nahbereich (über wenige Atome), was am amorphen Zustand insgesamt nichts ändert.

Anisotropie durch eintempern des Magnetfeldes (Überschußvolumen reduzieren) und restliche Beweglichkeit der Atome so weit wie möglich reduzieren.

Spannungsinduzierte Anisotropien

Magnetostriktion:

Magnetostriktive Spannungsenergie erschwert im allgemeinen die Magnetisierung, da sie die Polarisierung an bestimmte Richtungen bindet, so daß zu deren Einstellung in eine gewünschte Richtung eine erhöhte Magnetisierungsenergie erforderlich ist.

Spannungsanisotropie durch Zugspannung:

Bei Werkstoffen mit positiver Magnetostriktion wird die Magnetisierung erleichtert und die Magnetisierungskurve aufgerichtet, bei Stoffen mit negativer Magnetostriktion ist es umgekehrt.

Eisen besitzt positive Magnetostriktion, d.h. energetisch bevorzugt werden Magnetisierungen parallel zu einer angelegten Zugspannung oder senkrecht zu einer Druckspannung. Nickel besitzt negative Magnetostriktion.

Bei Legierungen mit bestimmten seltenen Erden kann λ_s um 1 - 2 Größenordnungen höher liegen, allerdings bei hohen Feldstärken.

Eintemperung von Spannungsanisotropien

Bei Temperung unter Zug stellt sich eine uniaxiale Anisotropie K_u ein.

Spannungsanisotropie durch Druckspannungen

Magnetische Vorzugsrichtung bei amorphen Fe-Si-B-Legierung senkrecht zur Bandoberfläche und damit flache Hystereseschleife bei Magnetisierung in Bandrichtung. Die so erzeugte magnetoelastische Energie ist um eine Zehnerpotenz größer als die durch Magnetfeldtemperung.

Villareffekt

Magnetoelastische Wechselwirkung = umgekehrte Magnetostriktion:

Änderung der magnetischen Eigenschaften, wie etwa der Permeabilität μ_r durch mechanische Beanspruchung (Villareffekt).

7.5 Lamellierung, Luftspalteinfluß auf die Hysterese

Scherung: Fügt man in einen zunächst geschlossenen magnetischen Kreis einen Luftspalt zunehmender Größe ein, so wird die Hysterese immer mehr geneigt und abgeflacht (geschert). Bei der Scherung bleibt die Koerzitivfeldstärke H_{cJ} erhalten, sehr stark ändert sich jedoch die Remanenz. Maßgebend für die

Scherung ist der Entmagnetisierungsfaktor

Bei plangeschliffenen Stirnflächen und sehr kleinen Luftspalten Berechnung mit einfacher Scherungsformel.

Beachte komplizierte Scherungsverhältnisse bei wechselsinnig geschichteten Kernblechen:

Der Flußübergang geschieht bei niedrigen Feldstärken nicht über Stirn-Luftspalte mit ihrem relativ geringen Querschnitt, sondern umgekehrt die Stanzspalte im benachbarten Blech. Das führt zu einem wesentlich geringeren magnetischen Widerstand infolge der großen Flächenberührung an diesen Stellen. Die Scherung wird nunmehr durch den Luftspalt zwischen zwei Blechebenen, d.h. durch den Abstand zwischen zwei benachbarten Blechen bewirkt. Der Mindestabstand l_1 zwischen zwei benachbarten Blechen der Dicke d ist gegeben durch die notwendige Isolationsschicht zwischen zwei Blechen und die unvermeidliche Abweichung von der idealen ebenen Blechoberfläche, wie Rauigkeit, Blechwölbung, Stanzgrat u.a.

Außerdem sind die Überlappungslängen bei der Schichtung von Bedeutung.

Bei eingeschliffenen Luftspalten oder Kernen mit Luftspalten ist zu beachten, daß von einer bestimmten Luftspaltlänge an der magnetisch wirksame Spalt kleiner ist als der geometrische. Dies rührt daher, daß z.B. beim EK-Kern der Fluß nicht nur zwischen den geschliffenen Stirnflächen der Mittelstege übergeht, sondern noch einen Parallelweg durch die Luft wählt.

Die Blechform bestimmt die Magnetisierungskennlinie.

Bei Legierungen mit magnetischer Vorzugsrichtung sind besondere Formen oder Schichtweisen erforderlich, um die Materialeigenschaften voll ausnutzen zu können; empfohlen werden hier U- und ED-Bleche mit verbreiteter Basis. Bleche sind mit leichter Oxidschicht zu versehen (Isolation).

Oberflächebeschichtung, Oberflächenbehandlung mit Laser
Verkleinerung der Weisschen Bezirke und damit Verringerung der Wirbelstromanomalie: gezielt Oberflächendefekte zur Domänenverfeinerung aufbringen = Verringerung der Verluste: Eigenerwärmung minimieren, Energie einsparen, Frequenzabhängigkeit der magnetischen Eigenschaften verringern.

a) kornorientiertes Blech

b) Blech mit hohem Si-Gehalt in Siliziumstahl (Rascherstarrungstechniken).

8. Extremwerte magnetischer Eigenschaften

Legierung mit 3% SiFe (Einkristall) $\mu_{\max} = 3800000$

Sättigungspolarisation 35% CoFe 2,43 T; Dysprosium 3,75 T

Remanenz Nd₂Fe₁₄B (Einkristall) 1,6 T (=J_s!)

9. Supraleiter

Diamagnetisch, Typ 3: verdrängen starke Felder aus ihrem Inneren; behält seine Eigenschaften auch bei sehr hohen Feldern, ihre Magnetisierungskurven weisen eine starke Hysterese auf.

10. Konventionelle Hochfeldspulen

III. Luftspaltinduktion

Bem.: B_m bzw. B_l : magnetische Flußdichte im Magnetvolumen bzw. in Luft.

Zitat (4-309):

1. Die Scherungsgerade ist unabhängig vom Werkstoff, sie hängt nur von der Geometrie des Magneten ab.
2. Die im Luftspalt zur Verfügung stehende magnetische Flußdichte B_l ist proportional zum Magnetvolumen und zum $(BH)_m$ -Wert. Dies bedeutet, daß bei hohem $(BH)_m$ -Wert das Magnetvolumen klein gewählt werden kann.

Der optimale Arbeitspunkt wird dort liegen, wo BH maximal ist, d.h. wo sich der $(BH)_{max}$ -Wert und die Scherungsgerade schneiden. Dann kann die höchste Luftspaltinduktion bei kleinstem Magnetvolumen erreicht werden. Beachte magnetische Formanisotropie mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$.

IV. Leitungselektronen

(3-22) Sitz der Ladung auf einem Leiter: Die im folgenden beschriebenen Beobachtungen zeigen, daß sich die auf einen Metallkörper aufgebrachten Ladungen im Gleichgewicht nur auf der Oberfläche befinden, bei hohl geformten Metallkörpern nur auf der äußeren Oberfläche.

(3-23) Abschirmung: Das Innere einer geschlossenen metallischen Umhüllung ist vollkommen gegen äußere elektrische Einflüsse geschützt.

Überführung von Ladung: Die oben beschriebene Erscheinung, daß die ins Innere eines metallischen Hohlkörpers gebrachte Ladung bei Berührung vollständig auf die äußere Oberfläche des Körpers übergeht, benutzt man bei Gebrauch des Becherelektroskops zur vollständigen Überführung der Ladung. Der mit der Ladung behaftete Probekörper wird in das Innere des auf dem Elektroskop sitzenden Bechers gebracht und, nachdem er tief im Inneren des Bechers die Wand berührt hat, ungeladen wieder herausgezogen.

(3-24) Ladungsverteilung auf der Oberfläche: Bei einem kugelförmigen Metallkörper findet man, wie aus Symmetriegründen zu erwarten ist, eine gleichmäßige Verteilung der Ladung an der Oberfläche. Anders ist das Ergebnis bei einem Leiter in der dargestellten Form: ... Diese Stellen unterscheiden sich durch die Verschiedenartigkeit der lokalen Oberfläche. Der beobachtete Elektrometerausgang läßt sich mit der makroskopischen Krümmung der Oberfläche in Beziehung setzen. Die "Dichte der elektrischen Ladung" ist am größten an der Spitze A, dann folgen die rechtwinklige Kante B, die stumpfwinkligen Kante C, die Zylinderoberflächen D und die ebene Oberfläche.

(3-26) Spannung: Die Fähigkeit einer (geerdeten) Spitze, ohne elektrischen Kontakt Ladung von einem Konduktor zu entfernen, bezeichnet man früher als "Saugwirkung der Spitze". Heute spricht man eher von "Absprühen von Ladung". Bei der im nächsten Abschnitt besprochenen Elektrisiermaschinen werden aus vielen Nadeln "Saug- oder Sprühkämme" zur kontaktlosen Überführung von Ladungen eingesetzt. Genaugut können dafür Messer oder dünne Drähte verwendet werden, z.B. Klaviersaitendraht von 0,1 mm Durchmesser. Um bei Hochspannungsanlagen Verluste durch Absprühen zu vermeiden, rundet man alle Ecken und Kanten ab und vermeidet so jegliche Art von Spitzen auf der Hochspannungsseite und auch auf der Erdseite.

(3-27) Unterschiede zwischen Ladungsarten: Die bei Gasentladungen wirksamen Ladungsträger sind positive Ionen und negative Elektronen, die ein Massenverhältnis von etwa $10^4 : 1$ haben und dementsprechend sehr unterschiedlich an den Entladungen mitwirken.

(3-28) Influenzmaschinen W. Holz, A. Töpler, J. Wimshurst: Statt Reibung kann auch Influenz zur Ladungstrennung ausgenutzt werden, oft kombiniert mit Leidener Flaschen zur Ladungsspeicherung.

Von der Selbsterregung seiner Maschine berichtete zuerst A. Töpler 1865: "... Es hat sich nämlich erwiesen, daß der Apparat, um in Tätigkeit zu gelangen, gar nicht erst elektrisiert zu werden braucht. Wenn er auch wochenlang nicht gebraucht wurde, so beginnt er doch von selbst wieder zu arbeiten, wenn man nur 4 bis 5 Minuten anhaltend gedreht hat."

(3-33) Mesung der Ladungsverteilung auf einem Leiter: Mit viel größerer Strenge läßt sich das Entfernungsgesetz aus der experimentell gefundenen Tatsache herleiten, daß im Inneren eines elektrisch geladenen Hohlleiters keinerlei elektrische Kraftwirkungen nachzuweisen sind. Nachdem Benjamin Franklin 1755 beobachtet hatte, daß Ladungen immer an der äußeren Oberfläche von Metallkörpern sitzen, regte er Joseph Priestley an. 1766 erkannte Priestley den Zusammenhang zwischen Franklins Beobachtungen und der quadratischen Entfernungsabhängigkeit der elektrischen Kraft.

(3-36) Einheit der Ladung, elektrische Feldkonstante: ... So ist z.B. die Basiseinheit Meter neuerdings durch die oben erwähnte Definition der Sekunde und durch Festlegung des Zahlenwertes für die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c definiert. Die elektrische Feldkonstante ϵ_0 ist davon betroffen, weil - wie in Abschnitt 3.3.2 erläutert wird - die magnetische Feldkonstante μ_0 festgelegt wurde, um die Basiseinheit Ampere zu definieren und weil ϵ_0 und μ_0 zusammen die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum und damit auch die Lichtgeschwindigkeit c bestimmen. Dies bedeutet die folgende Festlegung von ϵ_0 : ...

Die aus der Elektrotechnik stammende Ladungseinheit Coulomb ist für die Elektrostatik sehr groß: Nach dem Coulomb-Gesetz üben zwei Ladungen von je 1C im Abstand von 1 m aufeinander die ungeheuer große Kraft von 10^{10} N aus; das entspricht dem Gewicht einer Megatonne! Andererseits ist diese Ladungseinheit für die Physik der Leiterströme (Kap. 3) keineswegs besonders groß: Sie entspricht ungefähr der frei beweglichen Ladung in einem Kupfer-Kügelchen von 0,5 mm Durchmesser.

(3-48) Ladungsverteilung in einem Leiter: Zunächst betrachten wir einen massiven Leiter von beliebiger Form unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes. Durch Ladungstrennung und -verschiebung im Inneren des Leiters wird ein Gleichgewichtszustand der Ladungsverteilung erreicht, für den das resultierende elektrische Feld innen überall null ist und außen, direkt an der Oberfläche nur eine Normalkomponente besitzt. Nun muß noch für diesen allgemeinen Fall bewiesen werden, daß im elektrostatischen Gleichgewicht alle Ladungen an der Oberfläche sitzen, wenn die elektrische Kraft die im Coulomb-Gesetz enthaltenen Abstandsabhängigkeit besitzt.

Das hier für die Kugel Gesagte gilt selbstverständlich auch für jeden beliebig gestalteten Leiter. Stets bilden sich, wenn er in ein elektrisches Feld gebracht wird, auf ihm eine neutrale Zone aus, die frei von elektrischen Ladungen ist; und auf den beiden durch die neutrale Zone getrennten Teilen sammeln sich die einander entgegengesetzten Influenzladungen an. Dabei hängt die Größe dieser influenzierten Elektrizitätsmengen sowohl von der Stärke des influenzierenden Feldes als auch von der Form und Größe des betreffenden Leiters ab.

(3-59) Bestimmung des Feldes im Raum zwischen Elektroden:

Es sei hier nochmals betont, daß auch eine geerdete Elektrode - als Folge der Influenz - Ladungen an ihrer Oberfläche tragen kann. Anders herum: Es kann auch ein isoliert aufgestellter Leiter in einem elektrischen Feld ein von null verschiedenes Potential haben, obwohl sich darauf nur Influenzladungen mit der Summe null befinden.

(3-81) Energiespeicherung: Im Kondensator kann man elektrische Energie speichern, allerdings nicht viel. ...

Leidener Flaschen werden als Hochspannungskondensatoren in Verbindung mit Elektrisiermaschinen verwendet. ...

(3-96) Ladungstransport in Metallen:

Erst die Atomphysik brachte die Erkenntnis, daß die Atome aus positiven geladenen Atomkernen, umgeben von negativ geladenen Elektronen, bestehen. Im Metall sind ein Teil der Atomelektronen, die Leitungselektronen, (fast) frei beweglich; die Atomkerne mit den übrigen Elektronen bilden ein ortsfestes Ionengitter. Anders als beim Ladungstransport in einer elektrolytischen Flüssigkeit, der durch Ionenwanderung zustande kommt und mit Materialtransport und Stoffabscheidung an den Elektroden verbunden ist, wird bei Strom in Metallen keinerlei Stofftransport beobachtet. Beim Durchgang durch einen Metalldraht fließen an einem Ende Elektronen ab, am anderen Ende aber gleichviele zu; die Ladungsneutralität des Drahtes bleibt während des Stromdurchgangs erhalten. Formal wird der Strom immer auf den Transport positiver Ladungen bezogen; die Stromrichtung ist also dem Fluß der Leitungselektronen entgegengesetzt.

(3-96) Atomistische Deutung des Ladungstransport-Mechanismus.

Die Leitungselektronen sind im Metall nicht völlig frei beweglich; sie stehen in Wechselwirkung mit dem Kristallgitter. Die normale thermische Bewegung der Leitungselektronen ist ungeordnet wie die eines "Leitungselektronen-Gases". Wenn aber im Draht ein elektrisches Feld existiert, dann werden die Elektronen (entgegengesetzt zur Feldrichtung) beschleunigt. Sie gewinnen kinetische Energie, die sie aber in zahlreichen "Stoßprozessen" an das Gitter abgeben; es ist deshalb berechtigt, pauschal von einer "Reibungskraft" zu sprechen, der die Elektronen des Leiterstroms ausgesetzt sind. Die durch die Beschleunigung im E-Feld gewonnene Energie wird schließlich im Draht als Wärme freigesetzt. Die wirkliche Bewegung der Leiterstrom-Elektronen ist eine

ungeordnete thermische Bewegung, der eine Driftgeschwindigkeit antiparallel zur Feldrichtung überlagert ist.

Es ist falsch anzunehmen, die Driftgeschwindigkeit der Elektronen im Metalldraht sei sehr hoch, weil beim Einschalten einer entfernten Glühlampe diese sofort aufleuchtet. Tatsächlich ist die Driftbewegung der Elektronen überraschend langsam.

Beispiel: Im Kupfer beträgt die Ladungsdichte der Leitungselektronen 13.5 As/mm^3 ; wenn also in einem Kupferdraht von 1 mm^2 Querschnitt ein Strom von 1.35 A fließt, dann beträgt die Driftgeschwindigkeit der Elektronen 0.1 mm/s .

(3-97) Elektrisches Feld eines Leiterstroms. Zur Beschleunigung der Leitungselektronen wird im Draht ein E-Feld in Längsrichtung benötigt. Während in der Elektrostatik das E-Feld im Leiter und die Tangentialkomponente von E an der Oberfläche null sind, gilt das für die Elektrodynamik nicht.

In der Elektrodynamik der stationären Ströme ist das E-Feld zeitlich konstant, und es gilt nach wie vor, daß die E-Feldlinie von positiven Ladungen ausgehen und auf negativen Ladungen enden.

(3-180) Lenzsche Regel: Die durch Veränderung magnetischer Flüsse erzeugten Induktionsströme fließen derart, daß ihre eigenen Magnetfelder der Induktionsursache entgegenwirken.

Demonstration zur Lenzschen Regel: Die Abb. 4.4 zeigt einen sehr eindrucksvollen Versuch: Der im Metallring induzierte Strom ist so gerichtet, daß der nun zur Magnetspule gewordene Ring die Bewegung des Stabmagneten behindert: Bei Annäherung des Stabmagneten stößt der Ring diesen ab und wird dabei selbst weggeschoben (im Bild nach rechts ausgelenkt). Zieht man den Stabmagneten aus dem Ring heraus (im Bild nach links), dann versucht der Ring, die Bewegung des Stabmagneten durch magnetische Anziehung zu bremsen; als Folge davon wird der Ring hinterhergezogen (im Bild nach links ausgelenkt).

(3-183) Zwei Aspekte der Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen: Die Bewegung eines Leitungselektrons mit der Ladung q kann entweder elektrisch, d.h. bewirkt durch ein E-Feld, entlang des Leiters erfolgen oder mechanisch, z.B. wie in abb. 4.5. senkrecht zum Leiter durch dessen Parallelverschiebung. Die (elektrische) Bewegung mit der Ladungstransport-Geschwindigkeit v_q im Feld B führt zu einer (mechanischen) Kraft F_l auf den Leiter (Abb. 4.6a); die mechanische Bewegung des Leiterstückes, senkrecht zu seiner Länge, mit der Geschwindigkeit v_l führt zu einer Kraft F_q auf die Ladungsträger (Abb. 4.6b), die gleichbedeutend mit dem Auftreten einer induzierten elektrischen Feldstärke E_{ind} ist:

Die Existenz einer Induktionsfeldstärke längs eines bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebungen (Influenz) bis zur Kompensation der Induktionsfeldstärke. In einem Metallstück resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß" auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite. Das ist in Bild 4.7 bildlich dargestellt

(1-296) das elektrische Feld: Es gibt zwei Arten solcher Kräfte:

Kräfte, die auch dann auftreten, wenn der geladene Körper ruht.

Wir nennen sie elektrische Kräfte oder Coulomb-Kräfte und sagen, in diesem Gebiet, wo sie auftreten, herrsche ein elektrisches Feld.

Kräfte, die nur auftreten, wenn der geladene Körper sich bewegt.

Diese Kräfte sind proportional zur Geschwindigkeit des Körpers, stehen aber senkrecht auf dieser. Wir nennen sie Lorentz-Kräfte und sagen, in diesem Gebiet, wo sie auftreten, herrsche ein Magnetfeld.

Trägt ein Körper die Ladung Q und erfährt ein elektrische Kraft F , dann definieren wir die elektrische Feldstärke E , die an dieser Stelle herrscht, als

$$E = F/Q$$

Die Kraft ist proportional zur Ladung

$$F = QE.$$

(1-310) Das elektrische Feld als Träger der elektrischen Energie:

Wo sitzt die Energie einer Ladungsverteilung, z.B. eines geladenen Plattenkondensators? Man kann sagen: in den getrennten Ladungen. Man kann aber auch sagen, sie sei im Feld zwischen den Platten verteilt. ...

Wie die elastische Deformationsenergie überall im deformierten Medium verteilt ist (1-134, elastische Hysterese), soll nach Faraday und Maxwell der felderfüllte Raum Sitz der elektrischen Energie sein. Dies ist nicht nur eine formale Auslegung von (6.35); die Energie steckt wirklich im Feld und kann mit ihm durch den Raum wandern. Dies ist grundlegend für das Verständnis elektromagnetischer Wellen.

(1-324) Leistungsanpassung

Aus einer Spannungsquelle kann man höchstens die Leistung P_{\max} entnehmen. Bestimmung des entsprechenden Verbraucherwiderstandes, der gleich dem Innenwiderstand der Spannungsquelle ist, heißt Leistungsanpassung (Abb. 6.67). P Leistung, R_i Innenwiderstand, U_0 Leerlaufspannung, R Verbraucherwiderstand.

(1-325) Nachweis freier Elektronen in Metallen, Versuch von Tolman:

Wenn der Strom durch frei wandernde Teilchen der Ladung e und der Masse m , also der spezifischen Ladung e/m getragen wird, so werden diese bei einer Beschleunigung a des Metallkörpers, d.h. des starren Ionengitters, nicht mitbeschleunigt. Wird er z.B. gebremst, so bewegen sich die freien Teilchen auf Grund ihrer Trägheit weiter. Vom Metall aus gesehen werden sie durch "Trägheitskräfte" in der Richtung beschleunigt, die der Beschleunigung des Metalls entgegengerichtet ist. Die Elektronen mit ihren negativen Ladungen häufen sich also an der einen, die positiven Restladungen an der Stirnseite des Metallstücks an. Diese Ladungstrennung erzeugt analog zum Fall des Plattenkondensators ein Feld E , das schließlich eine weitere Ladungsanhäufung verhindert. Das ist der Fall, d.h. Gleichgewicht tritt ein, wenn die Trägheits- und die elektrostatische Kraft auf den Ladungsträger entgegengesetzt gleich sind: $-eE = ma$. Im Inneren des beschleunigten Leiters herrscht also ein Feld

$$E = -m/e \cdot a$$

Das gilt für lineare wie für Zentrifugalbeschleunigungen: Man kann Elektronen zentrifugieren. ...

Der Tolman-Versuch mißt nur e/m , unabhängig von Konzentration oder Beweglichkeit der Träger. Löcher (Defektelektronen) würden allerdings ein anderes Vorzeichen für die erzeugte Spannung liefern.

(1-327) Elektrische Leitfähigkeit

$\sigma = en\mu$; μ Beweglichkeit der Ladungsträger, n Elektronen/ m^3 , e Ladung

1. Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit

Metalle leiten um so schlechter, je heißer sie sind, bei Halbleitern ist es umgekehrt.

2. Magnetoresistenz

Bringt man einen Leiter in ein Magnetfeld, dann werden die Ladungsträger in ihrer Bewegung durch die Lorentz-Kraft abgelenkt. Ihre Bahnen setzen sich nicht mehr aus Geradenstücken, sondern aus Kreisstücken zusammen. Das führt bei manchen Metallen, besonders beim "Halbmetall" Wismut, zu einer Abnahme der Beweglichkeit μ und Leitfähigkeit σ .

3. Druckabhängigkeit des Widerstandes

Mechanische Spannungen deformieren das Kristallgitter und beeinflussen deshalb die Beweglichkeit von Ladungsträgern.

4. Elektrische und Wärmeleitfähigkeit

Gute elektrische Leitfähigkeit geht oft mit guter Wärmeleitfähigkeit parallel.

(1-383) Wirbelströme

Wenn eine Scheibe sich im inhomogenen B-Feld bewegt, ändert sich für jedes Metallstück das Feld, das es durchsetzt. In seinem Umfang wird also eine Ringspannung induziert. Die entsprechenden Kreisströme oder Wirbelströme, die überall im Metall fließen, erfahren im B-Feld Lorentz-Kräfte, die die Bewegung hemmen. Daß es sich um eine Bremsung handeln muß und nicht um eine Antriebskraft, folgt aus dem Energiesatz oder der Lenz-Regel: Mechanische Energie geht in die Joule-Energie der Wirbelströme über, dies schließlich in Wärme. Im Detail ergeben sich die Kraftrichtungen aus abb. 744: Es treten auch beschleunigende Lorentz-Kräfte auf, aber sie sind kleiner als die bremsenden, denn sie entstehen dort, wo das B-Feld kleiner ist. Natürlich entstehen Wirbelströme auch in einem ruhenden Leiter, wenn sich das Magnetfeld zeitlich ändert.

Ein Gegenmittel besteht darin, die Wirbelstrombahnen räumlich zu begrenzen, d.h. Transformatorenkerne usw. aus dünnen isolierten Blechen zusammenzusetzen. Die Verlustleistung pro Volumeneinheit ist nämlich proportional dem Quadrat der Blechstärke d. ...

Bei hohen Frequenzen führt der Skin-Effekt zu einer Proportionalität der Verluste mit $\omega^{3/2}d$.

(4-221) Ladung:

Im makroskopischen Bereich bedeutet negative Ladung Elektronenüberschuß und positive Ladung Elektronenmangel. Die Ladung wird durch Elektronen bzw. Ionen transportiert.

(4-258) Feldlinienbilder:

Bild 4-44 zeigt

- den Verlauf der elektrischen Feldlinien für eine positive Ladung (a),
- für zwei gleich große, entgegengesetzte Ladungen (b),
- für zwei gleich große gleichnamige Ladungen (c),
- für zwei gleich große Metallplatten (d),
- für eine Metallplatte und eine Metallspitze (e) und
- für einen Metallrahmen zwischen zwei Metallplatten (f).

(4-314) Bild 4-118 Induktionsvorgänge

(4-341) Maxwellsche Gleichungen für das elektrische und magnetische Feld
Bild 4-144

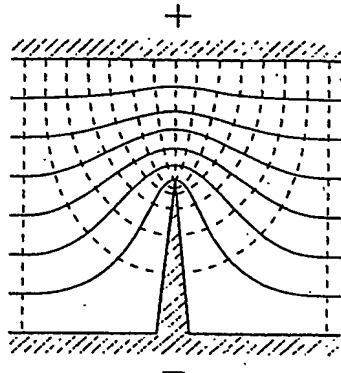


Abb. 2.34 Äquipotential- und Feldlinien zwischen positiv geladener Spitze und negativ geladener Platte.

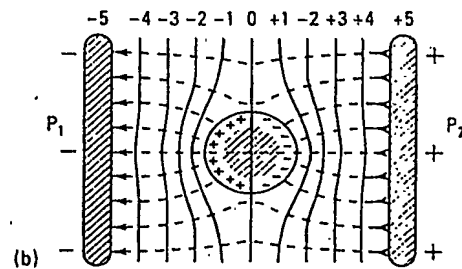
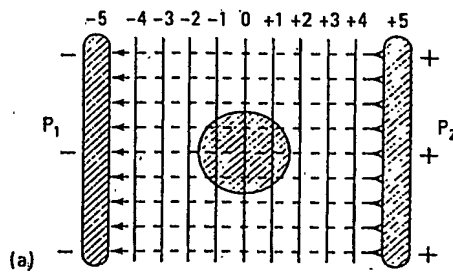


Abb. 2.35 Ungeladene Metallkugel im homogenen elektrischen Feld: (a) ohne Berücksichtigung der Influenzladungen, (b) Berücksichtigung der Influenzladung für das elektrostatische Gleichgewicht.

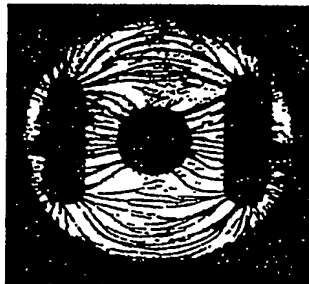


Abb. 2.36 Verzerrung eines homogenen elektrischen Feldes durch eine hineingebrachte ungeladene Metallkugel (Feldlinienbild mit Grieß in Öl).

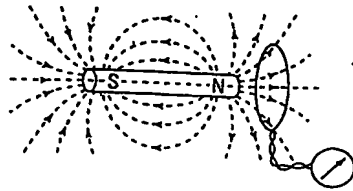


Abb. 4.3 Ein Teil des vom Stabmagneten ausgehenden magnetischen Flusses durchsetzt die Meßschleife. Mit dem axialen Abstand ändert sich der von der Schleife umschlossene Fluß.

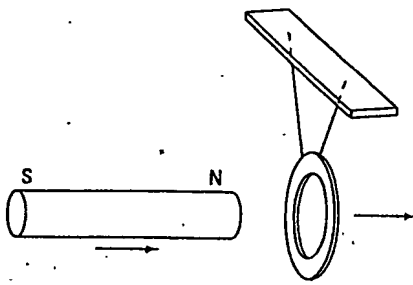


Abb. 4.4 Zur Lenzschen Regel: Bei Annäherung des Stabmagneten an den Metallring wird in diesem ein Induktionsstrom induziert, der dem Ring ein magnetisches Moment gibt, das Abstoßung zur Folge hat.

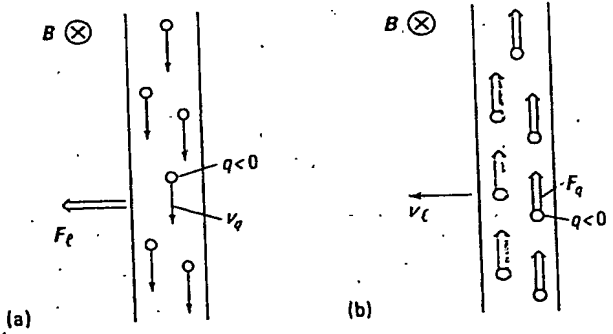


Abb. 4.6 Zwei verschiedene Wirkungen der Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen: (a) Kraft F_L auf einen stromdurchflossenen Leiter, (b) Induktionsfeldstärke $E_{ind} = F_q/q$ in einem mit der Geschwindigkeit v_L bewegten Leiter.

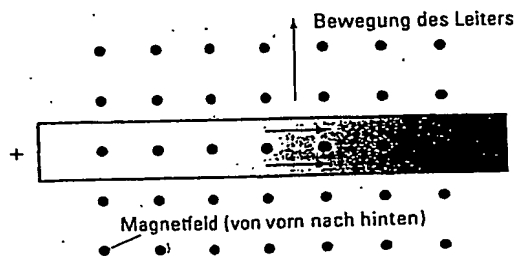


Abb. 4.7 Zur Entstehung der Induktionsspannung in einem Metallstück. Rechts ist eine Elektronenanhäufung dargestellt.

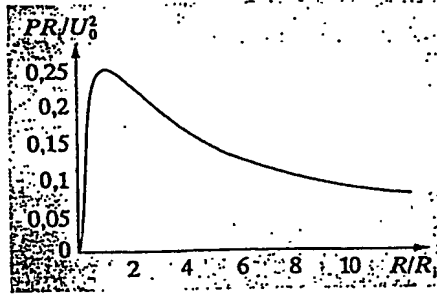


Abb. 6.67. Leistungsanpassung: Aus einer Spannungsquelle kann man maximale Leistung entnehmen, wenn der Widerstand des Verbrauchers gleich dem Innenwiderstand ist

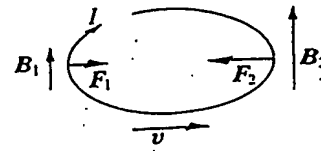


Abb. 7.44. Schiebt man einen Leiter in ein Magnetfeld, dann wirken Lorentz-Kräfte auf beide Äste des induzierten Wirbelstroms. Aber an der Frontseite des Wirbelstromringes ist die Lorentz-Kraft größer, hindert also die Bewegung des Leiters

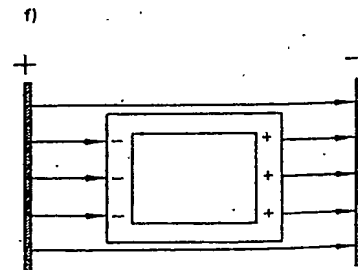
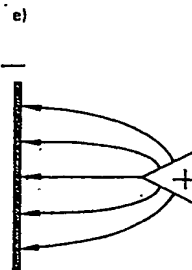
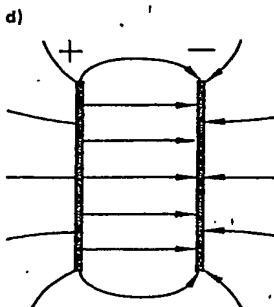
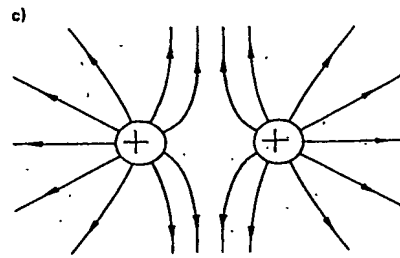
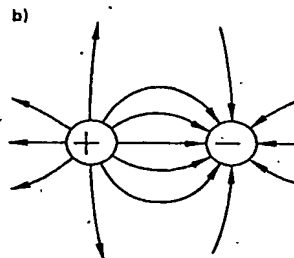
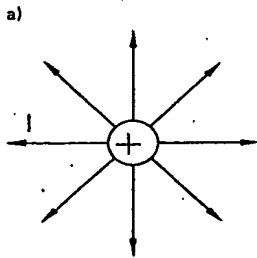


Bild 4-44. Feldlinienbilder.

Tabelle 4-16. Vergleich elektrischer und magnetischer Größen.

elektrisches Feld	Einheit	magnetisches Feld	Einheit
elektrische Ursprungung U_0	V	magnetische Ursprungung (Durchflutung) $\Theta = NI$	A
elektrische Feldstärke $E = - \frac{dU}{ds}$	$\frac{V}{m}$	magnetische Feldstärke $H = \frac{dI}{dl} N$	$\frac{A}{m}$
elektrische Spannung $U = - \int E(s) ds$	V	magnetische Spannung $\Theta = \int H(l) dl$	A
elektrische Stromstärke $I = \frac{dQ}{dt}$	A	induzierte Spannung $U = - N \frac{d\Phi}{dt}$	V
elektrische Ladung (Verschiebungsfluß) $Q = \int I(t) dt$	As	magnetischer Fluß $\Phi = BA$	Vs
Verschiebungsdichte $D = \epsilon E$	$\frac{As}{m^2}$	magnetische Flußdichte (Induktion) $B = \mu \cdot H$	$\frac{Vs}{m^2}$
elektrische Feldkonstante $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$\frac{As}{Vm}$	magnetische Feldkonstante $\mu_0 = \frac{1}{\epsilon_0 c^2}$	$\frac{Vs}{Am}$
Dielektrizitätszahl ϵ_r Permittivität (Dielektrizitätskonstante) $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$	$\frac{As}{Vm}$	Permeabilitätszahl μ_r Permeabilität $\mu = \mu_0 \mu_r$	$\frac{Vs}{Am}$
elektrischer Widerstand eines homogenen Drahtes $R_{el} = \frac{1}{\kappa} \frac{l}{A}$	Ω	magnetischer Widerstand eines homogenen Magnetkerns $R_m = \frac{1}{\mu} \frac{l}{A}$	$\frac{A}{Wb}$
elektrische Stromstärke $I = \frac{U_0}{R_{el}}$	A	magnetischer Fluß $\Phi = \frac{\Theta}{R_m}$	Vs
elektrischer Spannungsabfall $U = RI$	V	magnetischer Spannungsabfall $\Theta = \Phi R_m = HI$	A
Kapazität $C = \frac{Q}{U}$	F	Induktivität $L = - \frac{U}{dI/dt}$	H
Kapazität eines Platten- kondensators $C = \epsilon \frac{A}{d}$	F	Induktivität einer Ringspule $L = \mu \frac{AN^2}{l}$	H
elektrische Kraft $F_{el} = EQ$	N	magnetische Kraft $F_m = Q v \times B$	N

elektrisches Feld	Einheit	magnetisches Feld	Einheit
elektrisches Dipolmoment $p = \frac{M}{E} = Ql$	Asm	magnetisches Dipolmoment $m = \frac{M}{H} = \Phi l$	Vsm
elektrische Energie des Kondensators $W_C = \frac{1}{2} C U^2$	Ws = J	magnetische Energie einer Spule $W_L = \frac{1}{2} L I^2$	Ws = J
elektrische Energiedichte $w_{el} = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} D E$	$\frac{Ws}{m^3} = \frac{J}{m^3}$	magnetische Energiedichte $w_m = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} B H$	$\frac{Ws}{m^3} = \frac{J}{m^3}$

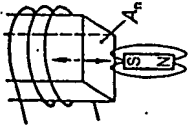
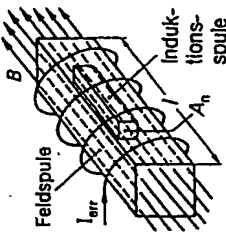
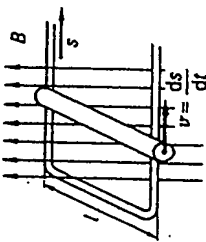
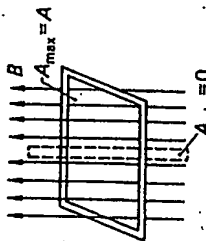
Induktionsgesetz		Magnetfeldänderung $\frac{dB}{dt}$		Flächenänderung $\frac{dA}{dt}$	
$U_{\text{ind}} = -N \left(\frac{dB}{dt} A_n + \frac{dA_n}{dt} B \right)$					
Fall	Skizze	a) Relativbewegung Magnet-Induktionsspule	b) Erregerstromänderung in der Feldspule	c) bewegter Leiter im Magnetfeld	d) Flächenänderung durch Klappen
					
Änderung		$\frac{dB}{dt} = \mu_0 \frac{dH}{dt}$ (4-251)	$\frac{dB}{dt} = \frac{d}{dt} (\mu_0 H)$ $\frac{dB}{dt} = \frac{\mu_0}{l} \cdot \frac{dI_{\text{err}}}{dt}$ (4-253)	$\frac{dA}{dt} = \frac{ds}{dt} = lv$ (4-255)	$\frac{dA}{dt} = \frac{d}{dt} (A \cos(\omega t))$ $\frac{dA}{dt} = -A \omega \sin(\omega t)$ (4-259)
Gleichung des Induktionsgesetzes		$U_{\text{ind}} = -N A_n \mu_0 \frac{dH}{dt}$ (4-252)	$U_{\text{ind}} = -N_{\text{ind}} A_n \frac{\mu_0}{l} \frac{dI_{\text{err}}}{dt}$ (4-254)	$U_{\text{ind}} = -NB \frac{dA}{dt}$ (4-257)	$U_{\text{ind}} = NBA \omega \sin(\omega t)$ $\hat{U} = NBA \omega$ (4-260)
Anwendungen (Versuche)		Transformator	Wirbelstrom		Wechselstrom-generator

Bild 4-118. Induktionsvorgänge.

Bild 4-144. Maxwellsche Gleichungen für das elektrische und magnetische Feld.

V. Tunneleffekt

Tunnelwahrscheinlichkeit (1-654)

Ein quantenmechanisches Teilchen verhält sich eigenartig, wenn man es in einen Potentialtopf sperrt: Natürlich denken wir dabei an einen Topf, dessen Wände energetisch höher sind als die Energie, speziell die Nullpunktsenergie des Teilchens; andernfalls ließe sich ja auch ein klassisches Teilchen nicht einsperren. ...

Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit D ist gleichzeitig die Durchtrittswahrscheinlichkeit des Teilchens. Jedesmal, wenn das Teilchen gegen die Schwelle anrennt, hat es die Wahrscheinlichkeit D durchzukommen; mit der Wahrscheinlichkeit $1-D$ wird es reflektiert. ...

Protonen und schwerere Teilchen haben sehr viel kleinere v_0 und erst recht kleinere D . Für sie sind erst sehr viel dünnere Wände durchlässig, die dann auch etwas höher sein dürfen (durch das Coulomb-Gesetz sind Potential und Abstand gekoppelt, aber der Abstand geht stärker in D ein als die Höhe).

Energielücke und Supraleiter-Tunnelstrom (3-540):

Zwei Metalle sind voneinander getrennt durch eine so dünne Isolierschicht, daß die durch Anlegen einer Spannung beschleunigten Elektronen durch diese Isolierschicht hindurchtunneln können. Für normalleitende Metalle findet man den erwarteten steilen Anstieg des Tunnelstroms mit angelegter Spannung. Ist eines der Metalle supraleitend, so beobachtet man unterhalb einer Spannung U_0 einen deutlich geringeren Tunnelstrom, weil nur der normalleitende Anteil der Leitungselektronen für den Tunnelstrom zur Verfügung steht. Der Wert eU_0 ist die auf ein Elektron entfallende Energie, die bei der Bildung des Cooper-Paares frei wird. Die Bildungsenergie für das doppelt geladene Cooper-Paar, die "Energielücke", ist $\Delta E = 2eU_0$. Die Energielücke ist temperaturabhängig.

Josephson-Effekte (3-540):

Wenn die beiden durch eine Isolierschicht getrennten Metalle aus demselben Supraleiter bestehen, die Temperatur T unterhalb T_c liegt und die Isolierschicht dünn genug ist ($< 1 \text{ nm}$), dann ist das ein SIS-Kontakt (Supraleiter-Isolator-Supraleiter), durch den auch Cooper-Paare hindurchtunneln können.

Gleichstrom-Josephson-Effekt GJE (3-540):

GJE entsteht, wenn dem Josephson-Element (SIS-Kontakt) ein schwacher Gleichstrom aufgeprägt wird. Unterhalb einer kritischen Stromstärke I_c erzeugt der Supraleiterstrom I_s im Josephson-Element keine Potentialdifferenz, d.h. es tunneln Cooper-Paare ohne die Hilfe eines elektrischen Feldes durch die Isolierschicht. Erst oberhalb I_c brechen die Cooper-Paare in der Isolierschicht zu Einzelelektronen auf, und es entsteht ein Spannungsabfall.

Der Tunnelstrom von Cooper-Paaren durch den SIS-Kontakt ist stark magnetfeldabhängig: Weil das Feld nicht durch die S-Schicht hindurchgeht, kann angenommen werden, daß B in der Isolierschicht liegt. Immer wenn der Fluß durch die Isolierschicht ein ganzzahliges Vielfaches des Flußquantums beträgt, geht der Tunnelstrom durch null.

Wechselstrom-Josephson-Effekt WJE (3-541):

Noch frappierender ist der WJE. Als Ergebnis einer quantenmechanischen Interferenz ergibt sich, daß das Anlegen einer Gleichspannung U_s an den SIS-Kontakt zu einem dieser Spannung proportionalen hochfrequenten Wechselstrom

$$I_s = I_{s,\max} \sin(2\pi f t)$$

mit

$$f = (2e/h) U_s$$

führt.

Der Effekt funktioniert auch umgekehrt: Wird ein hochfrequenter Wechselstrom I der Frequenz f dem SIS-Kontakt aufgeprägt, dann treten in der $U(I)$ -Kennlinie Stufen konstanter Spannung der Größe nU_s ($n = \text{ganze Zahl}$) auf.

VI. Schwingungen und Wellen

Oszillatoren

Im allgemeinen Fall wird Energie zwischen Energiereservoirs periodisch hin- und herbewegt. Systeme, die zu einem solchen periodischen Energieaustausch fähig sind, werden Oszillatoren genannt.

- mechanisches System: Feder-Masse-System → potentielle Energie der Feder und die kinetische Energie der Masse
- elektromagnetischer Schwingkreis → potentielle Energie des Kondensators und magnetische Energie der Spule.

Unterschied zwischen Schwingungen und Wellen:

Erfassen die periodischen Energieschwankungen nur einzelne schwingungsfähige Elemente, dann sind dies Schwingungen (PM und FM schwingen oszillatorisch = Schwingen).

Werden dagegen von den Energieschwankungen eine Vielzahl elastisch oder quasielastisch aneinander gekoppelte Elemente erfaßt, so treten Wellen auf, bei denen sich die Energiezustände periodisch im Raum fortpflanzen.

Wellenausbreitung:

Eine Wellenausbreitung wird beobachtet, wenn schwingungsfähige Systeme (z.B. im Verband polarisierte magn. Elektronen-Spins) räumlich miteinander gekoppelt sind (Austauschwechselwirkung). Durch die Kopplung kann sich die Schwingung eines Systems auf die Nachbarn übertragen, was zu einer räumlichen Ausbreitung des Schwingungszustandes führt.

- Transversalwelle: Schwingung quer zur Ausbreitungsrichtung
- Longitudinalwelle: Ausbreitungs- und Schwingungsrichtung sind parallel, es entstehen Verdichtungen und Verdünnungen, die sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausbreiten; es wird nur der Schwingungszustand übertragen.

Bisher sind Wellen nur in diskret angeordneten Oszillatoren betrachtet worden. Wellen sind aber auch in Kontinua ausbreitungsfähig (Im Grunde hat man es immer noch mit einzelnen Oszillatoren zu tun, deren Größe aber auf die Maße von Elektronen verringert ist).

Im Elektronengas und Elektronenflüssigkeit ohne innere Reibung sind lediglich Longitudinalwellen ausbreitungsfähig. Andere Wellentypen existieren nicht, weil benachbarte Volumenelemente einer seitlichen Verschiebung keinen Widerstand entgegensetzen. (Die Medien haben keinen Schubmodul.)

Zu den Transversalwellen gehören: Biege- und Scherungswellen sowie Torsionswellen. Es findet auch eine Wellenumformung von einem Typ in einen anderen statt.

Elektromagnetische Wellen sind Transversalwellen (Hertz'sche Wellen). Bei ihnen schwingt ein elektrischer und ein magnetischer Feldstärkevektor senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.

Die elektromagnetischen Wellen benötigen im Gegensatz zu den elastischen Wellen kein Übertragungsmedium. Sie können sich sowohl im Vakuum als auch (in bestimmten Grenzen) in Materie ausbreiten.

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/009051

International filing date: 12 August 2004 (12.08.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 103 36 975.9
Filing date: 12 August 2003 (12.08.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 25 January 2005 (25.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.